مكتبة الأسرة ٢٠٠٩

سلسلة العلوم والتكنولوچيا

موسوعة الاكتشافات العلمية

من اكتشف ... ماذا ... ومتى ... ؟

تأليف: ديفيد اليارد

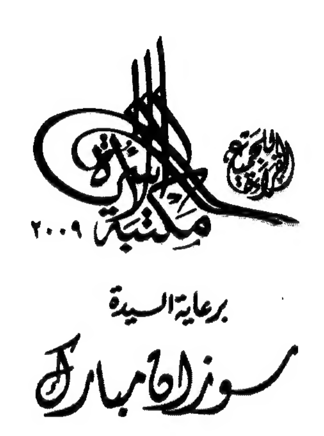
الترجمة بإعداد: دكتور خالد العامري



موسوعة

الاكتشافات العلمية

من اكتشف... ماذا... ومتى...؟



برعاية السيدة

سوزان مبارك

المشرف العام

د. ناصر الأنصاري

الجهات المشاركة

جمعية الرعاية المتكاملة المركزية

وزارة الثقافة

وزارة الإعلام

وزارة التربية والتعليم

وزارة التنمية المحلية

المجلس القومي للشباب

وزارة التنمية الاقتصادية

تصميم الغلاف

د. مدحت متولي

التنفيذ

الهيئة المصرية العامة للكتاب

موسوعة

الاكتشافات العلمية

من اكتشف... ماذا... ومتى...؟

تأليف: ديفيد إليارد

الترجمة بإعتماد: دكتور خالد العامري



موسوعة الاكتشافات العلمية

لوحة الغلاف من أعمال الفنان : متير كنعان

إليارد ، ديفيد .

موسوعة الاكتشافات العلمية: من اكتشف ... ماذا ... ومتى ... ؟ / ديفيد إليارد . ـ القاهرة : الهيئة المصرية العامة للكتاب ، ٢٠٠٩.

٧١٦ ص ؛ ٢٤سم. ـ (مكتبة الأسرة ٢٠٠٩)

تدمك: ٠ ٠١٥ - ٤٢١ - ٩٧٧ - ٩٧٨.

١ ـ الكشوف العلمية – موسوعات .

أ – العنوان.

رقم الإيداع بدار الكتب ١٦٥٩٨ / ٢٠٠٩

I.S.B.N 978-977-421-015- 0

ديوى ٥٠٩,٠٣



توطئة

انطلقت فعاليات الحملة القومية للقراءة **للجميع** في دورتها التاسعة عشرة هذا العام تحت شعار «**مصر السلام**». هذا الشعار الذى ظلت السيدة الفاضلة **سوزان مبارك** تطرحه منذ بداية تنفيذ حلمها ليصير الكتاب زادًا متاحًا للجميع، وتصبح القراءة عادة لدى الأجيال الجديدة. لقد ظلت الدعوة للسلام تحلق فى فلك دورات المهرجان السابقة. فهى جزء من تاريخ مصر العريقة، التى بدأت الحضارة على أرضها، منذ وقّع رمسيس الثانى أول معاهدة سلام. لم يكن هناك حينئذ من يضاهيه تقدمًا أو قوة، ولكنه كان يُعلِّم العالم أن من شيم الأقوياء التوق إلى السلام.

لقد جرت فى النهر مياه كثيرة منذ حازت السيدة الفاضلة **سوزان مبارك** جائزة التسامح الدولى لعام ١٩٨٨ من الأكاديمية الأوروبية للعلوم والفنون التى جاء فى تقريرها «إن الأكاديمية منحت الجائزة للسيدة **سوزان مبارك** عرفانًا بدورها الكبير فى إذكاء روح التسامح وطنيًا وإقليميًا وعالميًا، وتقديرًا لجهودها الجادة»، وأصبحت **القراءة للجميع** من أهم المشروعات الثقافية العملاقة فى العالم العربى، وتم اتخاذه نموذجًا يحتذى به فى بلاد أخرى.

ومازالت مكتبة الأسرة، كرافد رئيسى من روافد **القراءة للجميع**، تقوم بدورها فى إعادة الروح إلى الكتاب كمصدر مهم وخالد للمعرفة فى زمن تزحف

فيه مصادر الميديا المختلفة. فالكتاب هو الجسر الراسخ الذى يربط ذاكرة الأمة وتاريخها وإنجازاتها بأبنائها، وهو الفضاء الساحر الذى يلتقى به المثقفون والمفكرون والمبدعون بالأجيال المختلفة.

وتواصل مكتبة الأسرة هذا العام نشر أمهات الكتب، وستستكمل نشر تراث الأمة الإبداعى، وستعمل على ربط الكتاب بمصادر المعرفة الحديثة كالإنترنت، وعلى التوسع فى إصدار كتب الفنون المختلفة كالمسرح والموسيقى إيمانًا منها برسالة الفنون الرفيعة لتنمية وتطوير وتهذيب روح المجتمع، وحمايته من ضروب التعصب والكراهية والعنف الدخيلة عليه.

وتصدر مكتبة الأسرة هذا العام من خلال سلاسلها المختلفة.. الأدب والفكر العلوم الاجتماعية والعلوم والتكنولوجيا والفنون والمئويات والتراث وسلسلة الطفل، وستشكل هذه السلاسل بانوراما معرفية وتاريخية وعلمية وإبداعية وفكرية، وتمثل مرآة لاجتهادات الفلاسفة والشعراء والعلماء والمفكرين عبر قرون لتحقيق السلام للبشرية من خلال حلمهم الدائم بتحقيق الخير والعدل والجمال.

مكتبة الأسرة

٢٠٠٩

المحتويات



تمهيد

يوضح لك هذا الكتاب تطور الأفكار العلمية على مدار الخمسمائة عام الماضية والأفراد الذين ساهموا في بلورتها وتطبيقها بصورة فعلية. كما أنه يتناول هذه الأفكار وفقًا لزمانها ومكانها؛ مقدمًا إطار عمل للمساعدة في استيعاب المفاهيم والنظريات التي شكلت رؤيتنا العلمية الحديثة للعالم.

من المعروف أن أية فكرة علمية لا تنشأ من فراغ. بالتالي، فإن هذا الكتاب يصور العلم على أنه نشاط تراكمي وتفاعلي مع إسهام أعمال الباحثين الحاليين لأعمال الباحثين الآخرين المعاصرين والتالين لهم على حدٍ سواء. فحتى أبرز العقليات العلمية على مر التاريخ، من أمثال: نيوتن ولافوازييه وداروين وباستور وآينشتاين، استفادت من إسهامات الآخرين.

علاوةً على ذلك، يلقي هذا الكتاب الضوء على دور العلماء مع إبراز الدور الرئيسي للملاحظة والقياس وتفاعل الأدلة والبراهين مع النظريات.

على مدار القرون، مر العلم بالعديد من المراحل غير الصحيحة. فالأفكار التي حظيت بقدر كبير من الدعم والتأييد في أوقات مختلفة؛ مثل فكرة أن الأرض مركز الكون ونظرية العنصر الملتهب والسيال الحراري (شكل مفترض من أشكال المادة كانوا يرجعون إليه من قبل ظاهرة الحرارة) والأثير ونظرية التولد التلقائي (نظرية تذهب إلى ظهور بعض الأحياء تلقائيًا دون أن تسبقها أحياء أخرى) والنبتونيوم ثبت فيما بعد أنها غير كافية أو مضللة. وعلى الرغم من ذلك، فإن هذه الأفكار أسهمت في اكتمال فهمنا وتصورنا لكل من النظام الطبيعي وماهية العلم - وبالتالي فقد تم تناولها في هذا الكتاب.

هذا، بالإضافة إلى أن كل فصل يغطي فترة زمنية تصل إلى ٥٠ عامًا ويلقي في بدايته نظرة سريعة تلخص التطورات والاتجاهات الأساسية خلال تلك الفترة. ويتم ترتيب المدخلات داخل الفصول زمنيًا بدءًا من عام ١٥٠٠ إلى عام ٢٠٠٠ تقريبًا. يعني هذا بدوره

أنه يمكنك أن تستعرض بسهولة تسلسل الاكتشافات العلمية على نطاق علمي واسع؛ آخذًا في اعتبارك العلاقات التي تربط بين هذه الاكتشافات.

كذلك، تتناول كل مرحلة اكتشاف ما أو ابتكار فكرة جديدة مع عرض رؤية ثاقبة للظروف الشخصية التي مر بها كل مكتشف. والجدير بالذكر أن معظم الباحثين لديهم جانب أو مدخل واحد فقط في حياتهم يمكن التطرق إليه. أما المكتشفون الأكثر إبداعًا فلديهم الكثير من الجوانب أو المداخل التي يمكن التركيز عليها؛ وتقدم هذه الجوانب في النهاية ملخصًا لحياة هؤلاء المخترعين والإسهامات العلمية التي حققوها. هذا، مع العلم أن التواريخ والأسهم التي تكتب بخط عريض على مدار الكتاب تشير إلى فترة سابقة أو لاحقة من المرحلة التي يتم تناولها. فعلى سبيل المثال، التاريخ ← ١٦٠٣ الذي يذكر بجانب رمز السهم في نهاية إحدى المراحل يشير إلى المدخل التالي في حياة المخترع نفسه.

يمكن للقارئ أن يستفيد من هذا الكتاب من خلال طرق متعددة. على سبيل المثال، يمكن له أن يبحث عن إجابات لأسئلة يطرحها حول موضوعات معينة مثل الاستفسار عن التجربة التي قام بها العالمان مايكلسون ومورلي أو الإنجازات التي حققها العالم مندل في علم الوراثة أو حول الطريقة التي تمكن من خلالها العالم جوزيف بلاك من اكتشاف غاز ثاني أكسيد الكربون. كما يمكن الاستفادة من هذا الكتاب من خلال إلقاء نظرة عامة مفيدة عن الإنجازات العلمية التي تمت في النصف الأول من القرن العشرين؛ ثم تناول أحد هذه الإنجازات، مثل تطور الأفكار حول تركيب الذرة أو المناقشات التي دارت حول عُمر كوكب الأرض أو حول الدور الذي تلعبه الكروموسومات. وفي النهاية، تبقى طريقة أخيرة يمكنك من خلالها الاستفادة من هذا الكتاب وتتمثل هذه الطريقة في التصفح العشوائي لصفحات هذا الكتاب؛ حيث يشتمل هذا الكتاب على قصص مستقلة بذاتها وتقدم هذه القصص الكثير من المعلومات المفيدة والشيقة. ونرجو أن يستمتع القارئ بها مهما اختلفت الطريقة التي يستخدمها.

المقدمة

لم يكن العلم الذي تم التوصل إليه حتى عام ١٥٠٠ فقط بالطبع هو نفسه العلم الذي توصلنا إليه اليوم؛ ولا حتى في أوروبا الغربية نفسها التي تعد مهد التقدم العلمي. هذا، مع العلم أن فكرة الاعتماد على الملاحظة والتجريب من أجل اكتشاف العالم لم تكن جديدة في هذه الفترة، ولكن لم يتم تقبلها بشكل موسع. إذ ظلت أفكار المفكرين القدماء والعظماء من أمثال أرسطو (٣٨٤ – ٣٢٢ قبل الميلاد) في مجالي الأحياء والفيزياء وبطليموس ٨٥ – ١٦٥ بعد الميلاد) في مجالي الفلك والجغرافيا و جالينوس (١٣١ – ٢٠١ بعد الميلاد) في مجال الطب، مسيطرةً على عقول الكثير من الناس في تلك الفترة. حتى أن الحكماء ظلوا يثقون في كتابات هؤلاء المفكرين بدلاً من اعتمادهم على النتائج التي يتوصلون إليها بأنفسهم.

بينما لم يصدق الكثير أن كوكب الأرض هو كوكب كروي، لم يستطع الكثير تحدي نظريات بطليموس التي تقول إن كوكب الأرض هو كوكب ثابت في مركز الأرض وإن جميع الأجرام السماوية تدور حوله في مدارات دائرية. كما افترض المفكر العظيم أرسطو أن هذه الحركة الدائرية تتم بشكل طبيعي ومتقن.

كذلك، لم يتم التعرف في هذا الوقت سوى على الأجسام السماوية السبعة التي كانت تُعرف منذ قديم الأزل وهي: الشمس والقمر والنجوم السيّارة – عطارد والزهرة والمريخ والمشترى وزحل (ولم يتم التعرف على المزيد من الأجرام السماوية إلا بعد مرور ٣٠٠ عام). ولقد كانت الحركات التي تقوم بها هذه الأجسام محط اهتمام المنجمين الذين كانوا يعتمدون عليها في معرفة أقدار الناس وقراءة الطالع من خلال النظر إلى أوضاعها في السماء.

على الرغم من التقدم العلمي الذي أحرزه الباحثون في الشرق الأوسط وفي مناطق أخرى تحت حكم الإسلام، فإن الكيمياء كانت لا تزال يطلق عليها الخيمياء وهي تعني الكيمياء القديمة؛ وكانت غايتها تحويل المعادن الرخيصة إلى ذهب والسعي وراء اكتشاف الإكسير وهي مادة كان يُزعم أنها تطيل الحياة إلى ما لا نهاية. ولقد أخذ العلماء بالفعل وقتًا طويلاً

حتى اقتنعوا أن هذه المحاولات هي عبارة عن خرافات لا يمكن أن يحققها العلم. فعلى سبيل المثال، نجد أنه بعد مرور ٢٠٠ عام ظل العالم الشهير إسحاق نيوتن يهتم بالخيمياء مثل اهتمامه بأعماله الأخرى.

لقد وضع المشتغلين بالكيمياء القديمة نظرية تقول إن المادة تتكون من عدد صغير من عناصر شبه مبهمة، ولقد أطلق أرسطو وغيره من القدماء على هذه العناصر اسم: التراب والهواء والنار والماء، ولكن التيار الفكري الحديث فضل أن يطلق على هذه العناصر ثلاثية الملح والكبريت والزئبق. ولقد تم التعرف على سبعة معادن في هذه الفترة وهي: الذهب والفضة والرصاص والنحاس والقصدير والحديد والزئبق. وكان يتم الربط في العصور القديمة بين كل عنصر من هذه العناصر وبين الأجسام السماوية، فمثلاً نجد أنه كان يتم الربط بين الشمس والذهب، وبين القمر والفضة، وبين الحديد والمريخ - ولقد تم استخدام الرموز نفسها مع المعدن والكوكب. وهكذا، نجد أن الكيمياء القديمة كانت شديدة الارتباط بعلم الفلك.

أما في علم الفيزياء، فكانت أفكار ونظريات أرسطو لا تزال تسيطر على العقول، وخاصةً عندما تم تنسيق هذه النظريات مع اللاهوت المسيحي من خلال كتابات توماس أكويناس. وبالتالي، أصبح أي نقد أو تحدٍ موجه إلى تلك النظريات بمثابة نقد للكنيسة نفسها. وآمن معظم الناس بمعتقدات ونظريات أرسطو التي تقول إنه ليس هناك أي فراغ في الطبيعة وإن الذرات ليس لها وجود وإن كل شيء في الطبيعة يجب دفعه باستمرار لكي يتمكن من الحركة وإن المواد التي تتميز بالوزن الخفيف تطفو بشكل طبيعي، بينما تغوص المواد التي تتميز بالثقل؛ حيث إن كل شيء يبحث عن مكانه الطبيعي الذي ينتمي إليه.

لم يضف هؤلاء العلماء الذين قاموا بدراسة الكائنات الحية (لم يظهر مصطلح علم الأحياء إلا بعد مرور ٣٠٠ عام) شيئًا ذا أهمية للملاحظات التي قدمها أرسطو. وكان الاهتمام منصبًا على دراسة النباتات من أجل تحقيق هدف واحد وهو صناعة الأدوية؛ حيث كان استخدام الأعشاب لتقديم الوصفات الطبية أمرًا شائعًا، على الرغم من أن هذه الوصفات لم تكن دائمًا على قدر كبير من الصحة. ولكن مع قدوم القرن السادس عشر أو بعد ذلك بقليل، تم اكتشاف بلاد كثيرة حيث تم التعرف على الكثير من أنواع النباتات والحيوانات

الجديدة التي لم يتم ذكرها في نظريات أرسطو، الأمر الذي أدى إلى التشكيك في صحة هذه النظريات بعض الشيء.

لقد ظهر الكثير من الإنجازات التكنولوجية في هذه الفترة، على الرغم من عدم توفر المعرفة العلمية الراسخة؛ حيث أنتجت محاولات وإبداعات عمال الحرف العديد من الاختراعات المفيدة. ولقد وصلت بعض هذه التقنيات، مثل اختراع الورق والبارود والبوصلة المغناطيسية، إلى أوروبا الغربية عن طريق الصين. كما تم اختراع الساعات بشكل دقيق قبل اختراع هايجنز لبندول الساعة بمئات السنين. وتم أيضًا استخدام الأسلحة النارية والمدافع بشكل موسع، على الرغم من أنه لم يتم التوصل في هذا الوقت إلى السبب الذي يؤدي إلى انفجار البارود. وربما يعد من أبرع الاختراعات التي تم التوصل إليها وأهمها في هذه الفترة هو اختراع الطباعة وإتقان الطبع المتحرك في أواخر القرن الخامس عشر بواسطة جوتنبرج وغيره من المخترعين.

في مجال العلم، نجد أن الممارسات الجديدة في مجال الملاحظة والتجريب أحدثت الكثير من التغيرات. فمثلاً، نجد أنه في أوائل فترة ١٤٠٠، لاحظ نيقولاوس كاسنس أن النباتات تقوم بامتصاص بعض المواد من الغلاف الجوي. كما كان هناك بعض الإشارات إلى اكتشاف مواد جديدة مثل الفلزات. ولاحظ البحارة أيضًا أن البوصلة المغناطيسية التي يستخدمونها لا تصوّب بشكل دقيق نحو الشمال. وبالتالي، ساهمت مثل هذه الملاحظات في إثارة الكثير من التساؤلات والمزيد من الاستفسارات عبر العقود والقرون التالية.

شهد أواخر القرن الخامس عشر ظهور عدد من العلماء البارزين في مجال التطور العلمي، كما ظهرت بعض الإسهامات الإيجابية لبعض منهم. على سبيل المثال، وُلد نيقولاوس كوبرنيكس عام ١٤٧٣. كما قام ليوناردو دافنشي في هذه الفترة أيضًا بتصميم الشكل البدائي للطائرات وقام بتجريب الباراشوت (المظلات الهوائية) والقنوات الشعرية. كما توصل عالم الفلك والرياضي الألماني ريجيومونتانوس من خلال الملاحظات التي قام بها في نورمبرج إلى المذنب الذي أطلق عليه بعد ذلك اسم المذنب هالي، ويعد هذا الحدث الأول من نوعه في أوروبا.

لقد ظهرت هذه الروح الجديدة المفعمة بالنشاط والإبداع قبل ذلك بقليل. والأمر الذي أدى إلى ظهور هذه الروح هو ترجمة الكتابات الكلاسيكية التي ساعدت على الوصول إلى الكثير من الأفكار التي كان قد تم نسيانها. فمثلاً، قام العالم وتلو، الذي كان ينتمي لإقليم سيليزيا، في القرن الثالث عشر بعدد من الدراسات في مجال طب العين والبصريات بشكل عام. كما تم التوصل إلى قيمة إجراء التجارب في إنجلترا بواسطة العالم والفيلسوف روجر بيكون، حيث قام هذا العالم بشرح قوانين انعكاس وانكسار الضوء؛ وساهم في اختراع أول عدسة مكبرة ساعدت بدورها بعد ذلك في اختراع النظارات. وتوصل أيضًا هذا العالم إلى معرفة تكوين البارود، على الرغم من أنه لم يقم باختراعه.

علاوةً على ذلك، حاول بيكون القيام بتدريس الفلسفة الطبيعية في الجامعات، ولكن تم القبض عليه واتهامه بالهرطقة. وهكذا، ظلت سلطة الكنائس تهيمن على أفكار وإبداع الكثير من العلماء من أمثال جاليليو وعدد كبير من العلماء الذين جاءوا من بعده. وحتى مع تضاؤل سلطات وهيمنة الكنيسة، ظلت أفكار اللاهوت والكتاب المقدس تهيمن على العلم. ولكن، مع قدوم القرن التاسع عشر، بدأت الأفكار العلمية في مجال الأحياء والجيولوجيا تتحرر من تأثير القصص التي ورد ذكرها في الكتاب المقدس، وخاصةً تلك التي تدور حول أصل الخلق.

بالإضافة إلى ذلك، قدم عدد من العلماء في مجال الفيزياء، الذين جاءوا بعد بيكون بقرنين، بعض الأفكار الإبداعية التي تختلف مع الأفكار التي قدمها أرسطو في هذا المجال. وقد دعمت هذه الأفكار الإنجازات التي قدمها جاليليو ونيوتن. فمثلاً، قدم وليم أوف أوكم أفكاره التي ساعدت في الشرح المبسط للملاحظات. كما قدم وليم أوف ميرلي سجلات بالأحوال الجوية لأفضل فترات في العقد في أوكسفورد وحاول أيضًا أن يقدم تنبؤات بتلك الأحوال. وقد تم إجراء العديد من التجارب من خلال استخدام المغناطيس والبوصلة وتم أيضًا التوصل إلى الأسباب التي تؤدي إلى ظهور قوس قزح. وبدأ العلماء والدارسون في مجال جراحة وتشريح جسم الإنسان بالاعتماد على الأدلة التي يحصلون عليها من خلال تشريح الحيوانات والجثث، بدلاً من الاعتماد على كتابات جالينوس.

مع قدوم القرن السادس عشر، ظهرت الكثير من الاختراعات وحدث الكثير من التطور، ويرجع هذا الأمر إلى أربعة عوامل أساسية. أولاً، يرى البعض أن السبب وراء ذلك هو الانشقاق عن الكنيسة مما أتاح الفرصة للعلماء للتعبير عن أفكارهم. ثانيًا، يرى البعض الآخر أن السبب وراء هذا التقدم هو اتساع الأفق الذي تم من خلال الرحلات الاستكشافية التي تمت للأراضي والبلاد الجديدة التي تم اكتشافها. ثالثًا، يعتقد البعض أن تقدم الصناعة كان له دور فعال في التطور العلمي. وأخيرًا، كان اكتشاف الطباعة وتطور وتنوع أساليبها من الأسباب الرئيسية التي ساعدت في التطور العلمي وتسجيل الأفكار الجديدة وانتشارها.

مهما اختلفت أسباب التطور العلمي وتنوعت، نجد أن القرن السادس عشر كان بمثابة المنصة التي انطلق منها العلم الذي يُعرف لدينا الآن. وهكذا، اتضح لنا أن الأفكار التي تم تقديمها مع قدوم القرن السادس عشر تختلف بشدة عن الأفكار التي جاءت قبل هذا الوقت، ولذلك ينطلق هذا الكتاب من تلك الفترة.

في النهاية، تبقى نقطة غاية في الأهمية يجب التنويه إليها وهي أن معظم الاختراعات التي يتناولها هذا الكتاب هي اختراعات تمت في أوروبا أو في المناطق التي أثرت عليها أوروبا بشكل كبير، مثل أمريكا الشمالية؛ حيث استمد العلم الحديث جذوره من الثقافة والتاريخ الأوروبي. ولقد ساهمت دول أخرى من العالم في التطور العلمي ولكن تم ذلك في العصر الحديث. وبحلول القرن السادس عشر، كانت قد تلاشت قرون البحث والدراسة التي تمت في الهند والبلاد الإسلامية. كما، قبل هذه الفترة بقرون، تدهورت الأحوال في الصين، التي كانت تشتهر بالتقدم التكنولوجي والاستكشاف، بسبب منع الحكومات المركزية الاستبدادية لحرية البحث والتجريب التي تعد أساس التقدم العلمي.



١٥٠٠ - ١٥٥٠

أوضاع العالم في تلك الفترة

لقد كانت أحوال أوروبا في القرن السادس عشر تشبه إلى حد ما الأحوال المستقرة والموحدة التي تميزت بها أوروبا في القرن الحادي والعشرين؛ حيث تم دعم العلم وترسيخه على أسس عامة وشاملة. ولكن،لم تكن الأحوال السياسية على هذا القدر من الاستقرار والازدهار.

في ذلك الوقت، لم تكن ألمانيا الحديثة وإيطاليا قد اكتشفت بعد، وإنما كانت هناك مجموعة من الإمارات والدوقيات المستقلة. وقد ازدهر العلم كثيرًا في هذه الفترة، وذلك لأن عددًا كبيرًا من القصور الملكية قام برعاية الفلاسفة والعلماء.

أما فرنسا وأسبانيا، فقد كانت الحكومات المركزية تسيطر على معظم الأراضي التابعة لهما الآن. كما كان هناك الكثير من الأحزاب المعارضة في فرنسا وسيطرت دول أخرى على أراضيها في المناطق الشرقية والشمالية.

بالإضافة إلى ذلك، كانت إنجلترا تسيطر بشكل مزعج على أيرلندا، أما اسكتلندا فكانت لا تزال مملكة مستقلة. ولم تكن هناك أجواء الديمقراطية التي توجد الآن، فقد كانت الحكومات الموجودة في هذا الوقت حكومات مستبدة؛ كما كان يتم حكم البلاد والسيطرة عليها عن طريق قوات الجيش، ولكن بدأت تظهر فكرة الحق الإلهي للملوك.

هذا، وقد سيطرت أسرة هابسبورج الحاكمة على معظم الأراضي الأوروبية وأثرت عليها بشكل كبير للغاية. فلقد حكمت هذه الأسرة، التي كان مقرها في أسبانيا والنمسا، مساحات كبيرة من أراضي دولة إيطاليا المتفرقة، كما حكمت أيضًا الأراضي المنخفضة؛ التي شكلت بعد ذلك دولتي بلجيكا وهولندا، بالإضافة إلى السيطرة على المناطق التي تتحدث اللغة الألمانية في أوروبا الوسطى. ولقد تجمعت دول أوروبا الوسطى بعد ذلك تحت لواء الإمبراطورية الرومانية المقدسة.

انقسمت أوروبا مرة أخرى بحلول عام ١٥١٧ وكان الانقسام هذه المرة بين مذهبين دينيين كبيرين. فمع بداية الإصلاح الديني، الذي وضع أساسه العالم الألماني مارتن لوثر والعالم الفرنسي جون كلفن، انقسمت البلاد إلى فئتين: الفئة الأولى هي فئة أنصار البروتستانت (ولقد تمركزت هذه الفئة في المناطق التي توجد شمال نهر الراين) والفئة الثانية تمثلت في أنصار العقيدة الكاثوليكية التقليدية (ولقد تمركزت هذه الفئة في المناطق الجنوبية). ولقد أدى هذا الانقسام إلى استمرار الصراع الديني العنيف لمدة قرنين من الزمان.

لقد كان هذا الإصلاح بمثابة ثورة ضد الفساد الذي كانت تشهده الكنيسة الرومانية، على الرغم من أنه كانت هناك مشاعر غضب تنمو تجاه هذا الفساد على مدار عقود، بل وربما لقرون. ولقد أدانت الكنيسة لوثر، وقامت الكنيسة عام ١٥٤٥ بعقد مجلس المدينة لعرض الإصلاحات التي تقترحها، وذلك من خلال تأسيس جمعية يسوع عام ١٥٤٠ (والأمر الذي يثير الانتباه هو أن أنصار هذه الجمعية قد ضمت في القرون التالية عددًا كبيرًا من العلماء البارزين).

لكن، تمت مهاجمة الأفكار القديمة بشدة، تلك الأفكار التي قام بوضعها علماء اليونان البارزين والتي أقرتها الكنيسة. ولم تتمكن الكنيسة من السيطرة على الأوضاع، والأمر الذي أدى إلى حدوث ذلك هو القرار الذي أصدرته الكنيسة؛ والتي وضعت من خلاله قائمة بأسماء الكتب الممنوعة والتي تشمل الكتب التي قام بتألفيها كل من جاليليو و كوبرنيكس.

قد يكون هذا هو السبب وراء إسهام دولة أسبانيا الكاثوليكية العظيمة بالقليل فحسب في التقدم العلمي لقرون طويلة، ولذلك تميزت عليها السلطات البسيطة التي كانت توجد في الأراضي المنخفضة واسكندنافيا وإنجلترا واسكتلندا وغيرها من الدول التي ازدهرت فيها الحركات الإصلاحية. ولقد قدمت النهضة الأوروبية – من خلال المساعدة التي قدمها الأمراء والدوقات الذين كانوا يدعمون هذه النهضة، خاصة في مدينة فلورنسا – بعض الأفكار الجديدة في إيطاليا الكاثوليكية وقد استمرت هذه الأفكار في السيطرة على العقول لبعض الوقت. ولكن العقوبات التي تم إنزالها على الأفراد الذين تبنوا هذه الأفكار، مثل معاقبة العالم جاليليو (١٦٣٣) بالسجن، أدت إلى تراجع النهضة الأوروبية مرة أخرى. هذا، ولم تساهم فرنسا الكاثوليكية في التقدم العلمي إلا بعد مرور قرن، وذلك عندما بدأ بعض الحكام، مثل الملك لويس الرابع عشر، في رعاية العلم ومساعدة العلماء واعتبار العلم مصدر من مصادر الثروات القومية.

بالإضافة إلى ذلك، أدت العوامل الخارجية أيضًا إلى عدم استقرار الأحوال في أوروبا. ولعل أحد هذه العوامل هو محاولة أسبانيا السيطرة على العالم الجديد (الأمريكتين)، ومحاولة البرتغال بسط نفوذها على القارة الأفريقية والشرق الأقصى. ولقد أدى ذلك بالطبع إلى توتر العلاقات التجارية بين بعض الدول - خاصة إنجلترا وهولندا. ولقد كان هناك صراع بين إنجلترا وأسبانيا، ووصل هذا الصراع إلى ذروته في معركة "الآرمادا الأسبانية"، من ناحية لأسباب دينية ومن ناحية أخرى لاعتبارات تجارية.

أما الخطر الآخر الذي كان يهدد أوروبا، فكان مصدره يأتي من الجنوب الشرقي. ويتمثل هذا الخطر في اتساع رقعة الدولة العثمانية وزحفها المستمر على أوروبا، خاصةً بعد سقوط إسطنبول في القرن الماضي. وعلى الرغم من أن هذه الكارثة قد أدت إلى هروب المفكرين والدارسين إلى إيطاليا؛ الأمر الذي ساعد على دعم وتقوية النهضة الأوروبية، فإن الأتراك كانوا قد بسطوا نفوذهم على دولتي البلقان والمجر وقاموا بمحاصرة فيينا عام ١٥٢٩.

هذا، ولقد وُلد العلم الحديث في ظل مثل هذه الأجواء غير المستقرة والبيئة المركبة، ولقد خطى أولى خطواته في إيطاليا، ثم نمى بعد ذلك وترعرع في المناطق الشمالية والغربية.

فنون وأفكار

لقد قدمت الفنون والأفكار الجديدة أعظم الإنجازات التي توصلت إليها الفلسفة الإنسانية التي تناولها المفكر الهولندي إيرازموس في كتابه Education of a Christian Prince. ولقد وضع أيضًا السياسي الإيطالي نيقولو مكيافلي بعض الأفكار الساخرة التي تدور حول وضع قواعد يسير وفقها الحكام وذلك في كتاب تحت عنوان The Prince عام ١٥١٣، بينما وضح نظيره الإنجليزي توماس مور نظرته حول المدينة الفاضلة في مقالته السياسية Utopia (التي تعني هنا "لا مكان"). وقام مارتن لوثر في العام التالي بإثارة فكرة الإصلاح الديني. وقد تمت ترجمة الإنجيل من اللغة اللاتينية إلى عدد كبير من اللغات المستخدمة في الحياة اليومية (فقد تمت ترجمته إلى اللغة الإنجليزية بواسطة وليم تيندال وإلى اللغة الألمانية بواسطة لوثر). وقد تم نشر الكتاب الإنجليزي Book of Common Prayer عام ١٥٤٠.

من أمثلة الأعمال الأدبية التي كانت تتناقض مع التيار العام الذي ساد في ذلك الوقت القصص الشعرية التي قام المؤلف الإيطالي لوكوفيكو أريستو بكتابتها والمسرحية الإنجليزية الأخلاقية Everyman. ولقد انتشرت الموسيقى في الكنائس والمجالس الملكية؛ وقد اشتملت هذه الموسيقى على مقطوعات موسيقية من تأليف الموسيقار الإنجليزي روبرت فاي فاكس والموسيقار الفلمنكي جوسكوين دي بريس.

على الرغم من اضمحلال النهضة الأوروبية، ظل الفنانون الإيطاليون هم أكثر فنانين العالم احترافًا للفنون المرئية، فنجد مثلاً أن مايكل آنجلو قام عام ١٥٠٤ بنحت تمثاله الشهير دافيد، كما قام بالانتهاء من تزيين أسقف كنيسة سيستين عام ١٥١٢. كما قام دافنشي برسم الموناليزا عام ١٥٠٥. كما ظهر في هذه الفترة عدد كبير من الفنانين العظماء من أمثال تيتيان (الذي كانت لوحة Venus of Urbino من أهم الأعمال التي قدمها عام ١٥٣٨) ورفاييل وتنتوريتو وكورجيو، بالإضافة إلى الأعمال العظيمة التي قدمها النحات الشهير كيليني. ولقد اشتهر الفنان الألماني هانز هولباين برسمه للملوك والنبلاء؛ مثل قيامه برسم الملك هنري الثامن - ملك إنجلترا في ذلك الوقت - وحاشيته. كما اشتهر أيضًا الفنان الألماني ألبرخت دورير بالمنحوتات الخشبية التي أبدعها وكانت تجسد مواقف من الحياة اليومية.

البلاد التي تم اكتشافها في هذه الفترة

لقد كانت فترة أوائل القرن السادس عشر فترة مفعمة بالحيوية والنشاط؛ حيث استمر الأوروبيون في التجول حول العالم للبحث عن أراضٍ وفرص جديدة. ولقد اكتشف البحارة البرتغاليون الساحل الذي يؤدي إلى البرازيل. كما اكتشف الأسبان ولاية فلوريدا وشبه جزيرة يوكاتان بالمكسيك، وصولاً إلى بيرو. وعندما وصلوا إلى منطقة الشمال، اكتشفوا جراند كانيون.

هذا، علاوةً على أن أحد البحارة المغامرين، ويدعى فاسكو بالبوا، قد قام بالإبحار على طول نهر الأمازون مرورًا بسلسلة جبال الإنديز وصولاً إلى المحيط الأطلسي. ولقد عبر هذا البحار برزخ بنما، وقد رأى لأول مرة المحيط الهادئ؛ مع العلم أنه هو الذي أطلق على هذا المحيط هذا الاسم. هذا، وقد اقترح مخطط الخرائط، مارتن والدسيمولر، عام ١٥٠٧ أنه يجب أن يطلق على هذه المنطقة اسم أمريكا نسبةً إلى المكتشف الأسباني أميريجو فسبوتشي.

في هذه الأثناء، كان البرتغاليون مستمرين في المضي قدمًا نحو استكشاف الطريق الذي يؤدي إلى أعماق أفريقيا والمناطق التي تحيط بالمحيط الهندي. ولقد مر البرتغاليون بالهند القديمة وصولاً إلى غينيا الجديدة وجزر سبايس التي توجد في مالاكا؛ كما أنشئوا بعض المواقع التجارية في سريلانكا والصين وأقاموا بعض العلاقات مع اليابان.

لقد تم الإبحار حول العالم لأول مرة عام ١٥٢١ بواسطة مجموعة من السفن التي كان يقودها البحار الأسباني فرديناند ماجلان. ولقد أبحرت هذه السفن حول أطراف أمريكا الجنوبية وعبر المحيط الهادىء، ولكن لم يحيا ماجلان ليشهد بنفسه اكتشاف بلاد الفلبين.

عندما قام البابا عام ١٤٩٤ بتقسيم دول العالم، أعطى لدولة البرتغال امتيازات خاصة في أفريقيا وآسيا، كما أعطى أسبانيا تلك الامتيازات في الدول التي تقع في النصف الغربي من العالم. وهكذا؛ نجد أن هذا التقسيم قد جعل أمريكا الجنوبية تحت سيطرة البرتغاليين، كما وضع بلاد الفلبين، التي لم يكن قد تم اكتشافها بعد، ضمن الأراضي الأسبانية.

الخطوات الأولى للعلم

على الرغم من أن العلم الذي نعرفه الآن لم يكن قد ظهر بعد، فإن هذه الفترة قد شهدت تقدمًا ملحوظًا في مجموعة متنوعة من المجالات. فمثلاً نجد أن الطب قد تقدم كثيرًا من خلال المساهمات التي قدمها فيزيليوس ومعاصروه في مجال التشريح؛ بالإضافة إلى الأفكار الجديدة التي قدمها فراكاستورو حول كيفية انتقال الأمراض. كما حدث تطور ملحوظ في علم الفلك نتيجة للنظريات التي وضعها كوبرنيكس والتي أثبتت خطأ الكثير من المفاهيم السابقة العتيقة التي تخص نظام الكون والنظريات الرياضية. كما وضع بارسيلسيوس قواعد الكيمياء الحديثة، ولقد وضع آجريقولا هذه القواعد في علم الجيولوجيا؛ ووضع جيسنر هذه القواعد في علم الأحياء من خلال مجموعة الموسوعات العلمية التي تناول فيها أنواع النباتات والحيوانات. لذلك، لا يسعنا إلا أن نقول إن نفاذ البصيرة الذي كان يتمتع به ليوناردو دافنشي قد ساهم في تطور العديد من المجالات.

في الغالب، كانت معظم الإنجازات التي قدمها هؤلاء العلماء في المجالات الطبية والرياضية. وقد حصل الكثير من هؤلاء العلماء على الرعاية من جانب عدد من النبلاء

والأمراء. هذا، مع العلم أن إيطاليا كانت موطن عدد كبير منهم وكانت أيضًا بمثابة المنبع الذي يستقي هؤلاء منه العلم وتقام فيه العديد من الدراسات.

إسهامات ليوناردو كاميلوس في علم دراسة الصخور

١٥٠٢

لقد تم نشر كتاب Speculum Lapidum (أو Mirror Of Stones) لأول مرة عام ١٥٠٢؛ ويعد هذا الكتاب من أوائل النصوص التي قدمت الكثير من المعلومات عن المعادن، خاصةً الأحجار الكريمة والأحجار شبه الكريمة. وقد تميز هذا الكتاب بتقديم المعلومات الشاملة والإلمام بالمعادن، التي كان يبلغ عددها في ذلك الوقت ٢٥٠ معدنًا، من خلال تقديم وصف للخصائص الطبيعية لهذه المعادن مثل اللون والقدرة على التفلج.

لكن، في هذه الفترة، لم يتم تقديم الكثير من المعلومات حول التركيب الكيميائي للصخور، ولذلك نجد أن كاميلوس قد قدم القليل حول محتويات الصخور؛ ولكنه قدم الكثير من المعلومات حول قدرة هذه الصخور على علاج أنواع متعددة من الأمراض. وقد كان يُعتقد في هذه الفترة أن كل لون من ألوان الصخور له معنى وفائدة معينة. فمثلاً، نجد أن هناك بعض الحكم التقليدية التي تم توارثها من قديم الأزل تقول إن الصخور الحمراء، مثل الياقوت والعقيق الأحمر، لديها القدرة على التحكم في النزيف والعدوى. أما الياقوت الأزرق فلديه القدرة على معالجة البثور والدمامل.

كان مؤلف هذا الكتاب ليوناردو كاميلوس، شأنه شأن عدد كبير من فلاسفة الطبيعة في ذلك الوقت، يعمل في مهنة الطب. فلقد كان الطبيب الملكي الخاص للقائد العسكري سيزر بورجيا، الذي أهدى له هذا الكتاب. ولقد وضح هذا الكتاب، من بين عدد من الأفكار الأخرى، أن الكهرمان (وهو شجر به مادة عضوية صمغية متيبسة) يساعد على علاج الأسنان الضعيفة؛ ويعمل كترياق للسموم، كما أنه يعالج كل الاضطرابات التي تواجهها الحنجرة. ويوضح هذا الأمر الطريق الطويل الذي كان على العلم أن يتخطاه، لأنه لم تكن هناك أدلة قوية تثبت صحة هذه الادعاءات، وكان أي تشكيك في صحة هذه الادعاءات يعد بمثابة إهانة لعظماء الماضي. وبالتالي، لم يتقدم العلم بحق إلا عندما تخلص العلماء من مهابة الأفكار القديمة وإخضاع هذه الأفكار للتجريب والملاحظة.

إسهامات ليوناردو دافنشي العلمية

١٥١٧

لقد تُوفي ليوناردو دافنشي، الذي يعد من أكثر المفكرين الذين تمتعوا بالمواهب العظيمة في تاريخ البشرية، في هذا العام. لقد ولد ليوناردو دافنشي في أواخر فترة النهضة الأوروبية الإيطالية، وقد لقيت إنجازاته العظيمة في مجال الرسم والنحت والأدب والموسيقى والفنون العسكرية والاختراع والهندسة اهتمامًا كبيرًا.

هذا، علاوةً على أن ليوناردو دافنشي قد ساهم بشكل كبير في مجالات متعددة من العلم، خاصةً في أواخر أعوامه. ولكنه كان نادرًا ما يقوم بإنهاء أي من الدراسات والأبحاث التي كان يقوم بها. كما أنه قام بتدوين عدد قليل من الاكتشافات التي قام بها في وثائق. كما أن عددًا كبيرًا من الأفكار التي قدمها كانت مجرد تأملات ولم توجد الأدلة التي تثبت صحتها في هذا الوقت. ولكنه أدرك الكثير من المبادئ المهمة التي تعد بمثابة الأساس الذي قامت عليه مجالات العلم كافة.

> **ليس هناك ما يسمى بالمعرفة الكبرى أو المعرفة الصغرى، بل هناك نوع واحد من المعرفة وهو ذلك النوع الذي يأتي عن طريق التجريب.**
>
> **ليوناردو دافنشي**

كذلك، كان علم الجيولوجيا من العلوم التي قدم فيها ليوناردو دافنشي الكثير من الإنجازات. ففي أثناء عمله كمهندس، قدم بعض الملاحظات حول الهيكل الطبقي للصخور في شمال إيطاليا واستنتج أن الصخور قد تراكمت طبقة تلو الأخرى على مدار السنين وأن الصخور الأقدم هي التي توجد في القاع. هذا، وتعد هذه الملاحظات الأساس الذي قام عليه قانون تعاقب الطبقات الذي وضعه العالم نيقولاس ستينو بعد مرور قرن من الزمان (١٦٦٧).

لقد لاحظ ليوناردو أيضًا أنه يمكن التعرف على الصخور وتتبعها من مسافات بعيدة من خلال الحفريات المميزة التي توجد على طبقات الصخور المتنوعة. وبعد مرور ٣٠٠ عام، انطلق العالم وليم سميث (١٧٩٩) من هذه الفكرة لكي يضع علم الطبقات والتخطيط الجيولوجي الحديث. وكان ليوناردو يعتقد أن الحفريات من أمثال القشور هي بمثابة بقايا لكائنات حية، ويمكن لهذه الحفريات أن توضح التاريخ الذي مر به كوكب الأرض.

لقد اشتملت كتاباته على مراجع لاستخدام المرايا والعدسات لتقديم صور مكبرة للكواكب. وسواء قام دافشني باستخدام التليسكوب أم لا، فإنه توصل إلى عدد من الحقائق المهمة. فقد توصل مثلاً إلى أن السبب وراء لمعان وإضاءة القمر ليس القمر نفسه، بل الضوء الذي تعكسه الشمس. فعندما يتكون قمر جديد، يقوم الضوء الذي ينعكس من الأرض بإضاءة الجزء غير المضيء من القمر. كما أنه توصل أيضًا إلى الحقيقة التي طالما كانت محل جدل وهي أن الأرض تدور حول الشمس، وليس العكس، وأن الأرض عبارة عن كوكب مثله مثل الكواكب الخمسة الأخرى التي تم التعرف عليها في هذه الفة

بالنسبة لفنان ونحات مثل ليوناردو دافنشي، كان استيعاب الطريقة التي تم بها بناء جسم الإنسان أمرًا غاية في الأهمية. ولذلك، كان دافنشي رائدًا من رواد علم التشريح الذي يشمل تشريح جسم الإنسان، وقدم في هذا المجال رسومات غاية في الدقة. ولقد فهم الطريقة التي تعمل بها صمامات القلب وتوصل أيضًا لبعض الحقائق العلمية المهمة، فقد توصل إلى أن الدم يسير في حركة دائرية عبر الجسم وأنه لا ينحسر ثم يتدفق للأمام وللخلف، كما كان يعتقد العلماء في ذلك الوقت. ولقد أقر العالم وليم هارفي (١٦١٦)، أي بعد مرور قرن، هذه الحقيقة.

لقد كان ليوناردو أيضًا رائدًا من رواد علم الطبيعة، حيث قدم بعض الملاحظات الأولية التي ساعدت على التشكيك في النظريات الخاصة بالحركة التي وضعها أرسطو والتي كانت لا تزال مسيطرة على عقول عدد كبير من الناس. فقد وضح دافنشي أن الأشياء يمكن أن تستمر في الحركة بثبات دون الحاجة إلى الدفع باستمرار، وأن قوة الدفع أمر ضروري فقط لزيادة أو تقليل سرعة الأشياء وتغيير اتجاهها. وقد سّلم بأن: "لكل جسم وزن معين في اتجاه حركته". وهنا، نجد أن دافنشي يدعم النظريات التي وضعها جاليليو (١٦٠٤) وإسحاق نيوتن (١٦٨٦).

إسهامات بارسيلسيوس في مجال الطب

١٥٢٠

لقد كان طبيب القرن السادس عشر الذي أطلق على نفسه بارسيلسيوس من أوائل العلماء الذين قاموا بتحدي الحكم والأفكار القديمة في مجال العلوم والطب التي وصلت أوروبا عن طريق بلاد العرب واليونان. وعلى

الرغم من عدم حصوله على التدريب الكافي، قام بارسيلسيوس ببعض الأنشطة الجراحية والطبية في بازل بسويسرا عام ١٥٢٠. كما كان دائم الخلاف مع زملائه ومع السلطات، ولذلك قضى معظم حياته وهو يتجول في أنحاء أوروبا وتوفي وهو في سن ٤٨.

لقد عارض بارسيلسيوس بشدة الأفكار العامة التي كان يؤمن بها الجميع في عصره، ويقال إنه قام علانيةً بحرق الكتب الرئيسية المعروفة لكل من جالينوس والطبيب العربي ابن سينا (أو على الأقل طالب بذلك). ولقد شكك بارسيلسيوس في الحكم الكلاسيكية التقليدية التي ترجع الأمراض التي تصيب الإنسان إلى عدم التوازن الوظيفي بين السوائل الأربعة التي توجد في جسم الإنسان، بل بحث بارسيلسيوس عن العوامل الخارجية لذلك وقام بوصف أنواع بعينها من العلاج لبعض الأمراض.

لقد كان لهذا العالم نظامه الخاص به ويتكون نظامه من مجموعة من العناصر؛ ويمثل الكبريت في هذا النظام النار، بينما يمثل الزئبق الحركة ويمثل الملح الصلابة. ولكن، لا تشير هذه العناصر إلى المواد الشائعة التي يطلق عليها هذه الأسماء. ومع ذلك، فقد اشتملت معظم الأدوية التي وصفها هذا العالم على الكبريت والزئبق والملح والزرنيخ والأنتيمون والحديد بدلاً من الأعشاب التي كان يتم استخدامها في صنع الأدوية في عصره. ومن هنا، نجد أنه وضع قواعد دراسة جديدة تحت عنوان الأدوية الكيميائية. كما أنه توصل إلى الفوائد الطبية التي يمكن استخلاصها من نبات الأفيون. وكان هذا العالم هو أول من أشار إلى الكحول الإثيلي النقي، كما كان له السبق في اكتشاف معدن أُطلق عليه الزنك.

لقد كان لهذا العالم شخصية محيرة ومتناقضة. فبينما ظل هذا العالم مقتنعًا بأجزاء كبيرة من الكيمياء القديمة، فإنه قام بتأييد بعض طرق التجريب وبعض التفسيرات الجديدة. كما أنه اقترح أنه يمكن استخدام الكيمياء القديمة بطرق أكثر فعالية من خلال توظيفها للبحث عن علاج للأمراض المختلفة التي تصيب الإنسان بدلاً من توظيفها لتحويل المعادن الرخيصة إلى ذهب.

> الطب ليس علمًا فحسب، بل يعد أيضًا فنًا. لا يشتمل الطب فقط على حبوب الدواء والمسكّنات؛ بل يتعامل مع عمليات الحياة نفسها التي يجب فهمها أولاً، لكي نتمكن من السيطرة على تلك الحياة.
>
> بارسيلسيوس

لكن هذا العالم لم يكن محبوبًا على مستوى العلاقات الإنسانية والاجتماعية، وربما يرجع ذلك إلى غروره وتصرفاته غير المحتملة. والدليل على ذلك أنه اختار لنفسه اسم بارسيلسيوس لكي يشير إلى تكافئه ومساواته بالطبيب الروماني الشهير سلسيوس. ولكن كل ذلك لا يمكن أن يقلل من قيمة الإنجازات العلمية التي ساهم بها هذا العالم.

إسهامات نيقولو تارتجليا في علم الرياضيات

١٥٣٧

ذاع صيت نيقولو تارتجليا، عالم الرياضيات والمهندس الإيطالي الذي قام بتعلم الرياضيات بنفسه، من خلال الحلول التي قدمها للمعادلات الرياضية الصعبة. ولقد كان هناك في ذلك الوقت تنافس شديد بين علماء الرياضيات على إثبات صحة نظرياتهم، تلك النظريات التي كانوا يحاولون وضعها بشكل سري. ولقد أثرت المنافسة الشديدة التي كانت بينه وبين أقرانه، خاصة جيرولامو كاردانو، على حياته بشكل كبير.

لقد استخدم تارتجليا نظرياته الرياضية من أجل تحليل حركة القذائف مثل قذائف المدافع والرصاص (فلقد اهتم هذا العالم كغيره من الباحثين في هذه الفترات التي كان يسودها عدم الاستقرار بالأمور الخاصة بالحصون وغيرها من الأمور العسكرية). ولقد اكتشف هذا العالم أنه بمجرد إطلاق النار، تتبع الرصاصة أو القذيفة مسارًا يطلق عليه القطع المكافئ الذي يمكن توضيحه رياضيًا. ولقد نشر هذه النظرية في كتابه A New Science الذي صدر عام ١٥٣٧. ولقد ساعدت هذه النظرية مستخدمي المدافع في التصويب بشكل أكثر دقة.

لقد تطابقت هذه النظرية تمامًا مع القوانين التي وضعها جاليليو (١٦٠٤) والتي تشرح كيفية تحرك الأجسام تحت تأثير الجاذبية.

الشيء الذي لفت الانتباه أيضًا هو أن القطع المكافئ سالف الذكر قد تم تعريفه على أنه أي شكل ينشأ عن قطع مخروط مجسم بطول خط موازٍ لأحد أضلاعه المائلة. ولقد ساعد هذا الأمر في إدراك الدور المهم الذي يلعبه علم الرياضيات وبدأت الرياضيات تدخل في جميع المجالات على مستوى العالم. ولقد عبر جاليليو عن هذه النقطة قائلاً: "إن الرياضيات هي اللغة التي تكتب بها كتب الطبيعة".

لقد كان تارتجليا يطلق لحيته دائمًا، وذلك لكي يتمكن من إخفاء الندبات المفزعة التي كانت تغطي فكه، ولقد أصيب بهذه الجروح وهو لا يزال شابًا إثر ضربه بالسيف عندما هجم الغزاة الفرنسيون على القرية التي كان يعيش فيها. ولقد أثرت هذه الإصابة أيضًا على قدرته على الكلام، ولذلك أطلق عليه هذا الاسم والذي يعني "المتلعثم".

إسهامات كونراد جيسنر في علوم ومجالات متنوعة

١٥٤١

لقد تُوفي العالم كونراد جيسنر، الذي ولد بسويسرا، في سن صغيرة؛ حيث كان يبلغ عمره ٤٩ عامًا (ولقد مات إثر إصابته بالطاعون). وعلى الرغم من ذلك، فقد قدم هذا العالم الكثير من الإنجازات العظيمة، فقد اشتغل بمهنة الطب والجراحة؛ وكان من أوائل الأفراد الذين تمكنوا من تسلق جبال الألب. كما قام بتجميع قائمة شاملة للأعمال الأدبية في جميع اللغات المهمة مثل اللغة اللاتينية واليونانية والعبرية (كانت لديه مكتبة عالمية كما كان يطلق عليها). وقد قام أيضًا بدراسة مقارنة بين ١٣٠ لغة، وقام بعدد من الدراسات العلمية في علم الحيوان وعلم النبات. لقد كان يتمتع بمعرفة كبيرة في جميع المجالات، وقد ألم بعدد كبير من الموضوعات. وقد ربط البعض بين هذا العالم وبين العالم الروماني بلينيوس، الذي قام قبل هذا العالم بحوالي ١٥٠٠ عام بتجميع موسوعات علمية تشمل كل ما له علاقة بالطبيعة.

من أعظم الأعمال التي قدمها هذا العالم موسوعتان ألمتا بكل أنواع النباتات والحيوانات المعروفة (أو على الأقل تلك الأنواع التي عُرفت في العصور القديمة). ولقد تم تقسيم موسوعته Historia animalium التي بلغ عدد صفحاتها ٤٥٠٠ صفحة إلى ٥ مجلدات. ألمت هذه الموسوعة بالكائنات الخرافية والأسطورية، وخاصة الوحوش البحرية، الأمر الذي جعلها موسوعة شاملة. وبالإضافة إلى استخدام الرسومات، فقد تم استخدام منحوتات خشبية، قام بصناعتها الفنان جيسنر الذي يعد واحدًا من الفنانين العظماء في هذه الفترة. وبالتالي، يعد

هذا الكتاب الأول من نوعه. وعلى الرغم من أن الرسوم التوضيحية التي قدمها هذا الكتاب لم تكن دائمًا على قدر كبير من الدقة، فإنها زادت من أهمية وفوائد هذا الكتاب وقدمت النموذج الذي تم اتباعه في الأعمال التالية.

هذا، وقد استقى هذا العالم في الشروح والتعليقات التي قدمها أفكاره من أعمال المؤلفين القدماء المشهورين وأعمال أقرانه المعاصرين. كما لجأ أيضًا إلى الأمثال الشعبية والمراجع الدينية والأساطير الوثنية والحروف الهيروغليفية المصرية. ولم يقم بأية ملاحظات مباشرة خاصة به، حيث إن تلك الملاحظات التي تعد عنصرًا أساسيًا للتقدم العلمي لم تكن تحظى بشعبية كبيرة في هذه الفترة. كما كانت أيضًا الموسوعة الثانية له التي وضعها تحت عنوان Historia Plantarum على القدر نفسه من الإلمام والاتساع وقد صدرت هذه الموسوعة عام ١٥٤١. وتعد هذه الموسوعة من أول الوثائق الحديثة التي تم وضعها في علم النباتات. وهكذا، نجد أن هذا العالم قد سبق، بحوالي ٣٠٠ سنة تقريبًا، العمل الذي حاول من خلاله العالم كارل لينين وضع نظام لتصنيف النباتات والحيوانات (١٧٥٣).

لقد قدم جيسنر مجموعة أخرى من الأعمال المهمة، مثل The New Jewel of Health، الذي وضح فيه كيفية استخلاص الأدوية من النباتات. كما وضح في كتابه On Fossil Objects (الذي كان العنوان الكامل له هو A book On Fossil Objects, Chiefly Stones and Gems, their Shapes and Appearances) دراسة قوية – دعمها بمجموعة من الرسومات التوضيحية – تقول إن عددًا كبيرًا من الحفريات عبارة عن بقايا كائنات حية نافقة. ولكنه، فشل في إقناع الناس بنظرياته، شأنه في ذلك شأن ليوناردو دافنشي. ذلك، لأنه لم يتمكن من شرح الطريقة التي تتحول بها خلايا النباتات والحيوانات إلى صخور.

إسهامات أندريس فيزيليوس في علمي الطب والتشريح

١٥٤٣

لقد كان الكتاب الذي وضعه أندريس فيزيليوس، وهو عالم فلمنكي الجنسية، تحت عنوان The Fabric of the Human Body والذي صدر عام ١٥٤٣واحدًا من الكتابين اللذين أثرا على التقدم العلمي في هذه الفترة بشكل كبير (أما الكتاب الثاني، فهو الكتاب الذي وضعه العالم كوبرنيكس). وفي هذا الكتاب – بل وفي كل كتاباته – كان فيزيليوس يتحدى النظريات التي وضعها العالم

اليوناني جالينوس الذي ظلت كتاباته المنبع الذي يتم الاعتماد عليه في مجال الطب والتشريح لأكثر من ١٠٠٠ عام.

على عكس العالم اليوناني جالينوس الذي لم يقم قط بتشريح جسم الإنسان؛ بل ظل يبني أفكاره من خلال تشريح أجسام القرود والخنازير فقط، نجد أن أندريس فيزيليوس اعتمد فقط على ملاحظاته الخاصة التي قدمها حول البناء الداخلي لجسم الإنسان وقد اعتمد في ذلك على التشريح. ولقد وجد أخطاء كثيرة في النظريات التي قدمها جالينوس، الأمر الذي أدى إلى إضعاف مكانة النظريات اليونانية القديمة تمامًا. وبالتالي، أصبح هناك الكثير من الأعداء لهذا العالم في المجال الطبي، حتى داخل جامعة باديو التي كان يشتغل بها، وذلك لأن هؤلاء العلماء كانوا لا يزالون ينظرون إلى جالينوس على أنه المثل الذي يحتذى به. ولقد شك الكثيرون في الكنيسة الكاثوليكية في أن فيزيليوس هو أحد أتباع مذهب كلفن أو مذهب لوثر.

على الرغم من تلك الصراعات التي عانى منها فيزيليوس كثيرًا في حياته، فقد تم تعيينه الطبيب والصيدلي الخاص للإمبراطور الروماني تشارلز الخامس ولابنه فيليب الثاني، ملك أسبانيا. وعندما تم استدعاؤه للتحقيق معه، كان فيزيليوس قد ذهب في رحلة حج إلى الأراضي المقدسة وهو في سن الخمسين ولم يرجع من هذه الرحلة أبدًا.

هذا، ولم تتمثل إنجازات فيزيليوس فقط في تصحيح الأخطاء المتعددة التي وقع فيها جالينوس (التي مرت على العلماء الآخرين مرور الكرام)، فمثلاً نجد أنه أرسى قواعد علم التشريح الحديث القائم على الملاحظة الدقيقة، كما قدم أيضًا أول وصف دقيق لتركيب المخ، إلى جانب تفاصيل عن الجهاز الهضمي. وشأن آجريقولا في مجال الجيولوجيا (١٥٤٦)، فإن فيزيليوس يعد نموذجًا للباحث العلمي الحديث، حيث إنه كان يطبق النظرية على الحقائق وليس العكس.

على الرغم من أن فيزيليوس وغيره من علماء التشريح في هذه الفترة (١٥٥٢) قد قدموا وصفًا دقيقًا وشاملاً للشكل العام لجسم الإنسان، فإنه كان لا يزال هناك بعض الغموض حول الطريقة التي يعمل بها هذا الجسم. أما التقدم الحقيقي الذي تحقق في هذا المجال فقد كان يرجع إلى إسهامات كل من الكيمياء والفيزياء.

إسهامات نيقولاوس كوبرنيكس في علم الفلك

١٥٤٣

لقد أصدر عالم الفلك البولندي نيقولاوس كوبرنيكس عام ١٥٤٣، وهو العام نفسه الذي قام فيه العالم أندريس فيزيليوس بالتشكيك في نظريات الطبيب اليوناني جالينوس التي استمرت لمدة ١٠٠٠ عام، كتابه The Revolutions of the Heavenly Spheres الذي تحدى فيه أيضًا آراء بطليموس و أرسطو التي كان يبجلها الكثير.

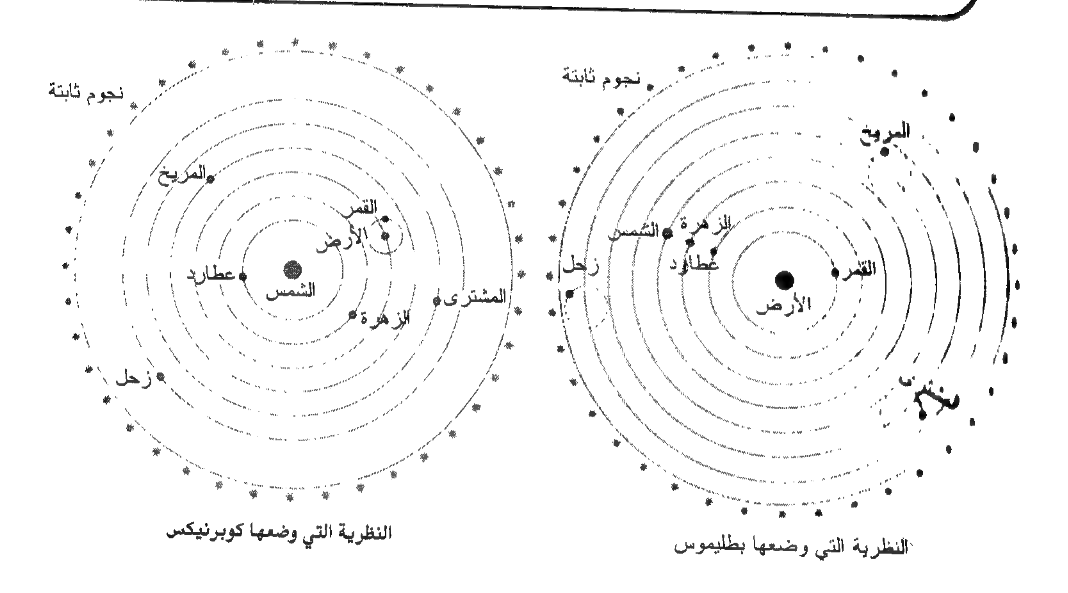
كان يُعتقد في هذه الفترة أن النظام الكوني، الذي يتكون من الشمس والقمر وخمسة كواكب سيّارة أخرى، بالإضافة إلى كوكب الأرض؛ يوجد في وسط فضاء واسع من النجوم الثابتة. ولقد منحت نظريات أرسطو وبطليموس، التي دعمتها الكنيسة، كوكب الأرض، على أساس كونه مقر الإنسان، المكان المحوري في الكون. وهكذا، كان يُعتقد أن كوكب الأرض هو كوكب غير متحرك، بينما تدور الأجرام السماوية كافة حوله.

لكن، جاء كوبرنيكس وتحدى بكل جراءة هذه الأفكار ووضح في آرائه حول النظام الكوني أن الشمس هي التي توجد في مركز الكون وليس الأرض، وأن كوكب الأرض واحد من الكواكب الستة السّيارة التي كانت معروفة في هذه الفترة والتي تدور جميعها حول الشمس. وقد وضح هذا العالم أن أشكال الحركة المعقدة التي تقوم بها الأجرام السماوية يمكن شرحها من خلال الدوران اليومي لكوكب الأرض حول محوره والحركة السنوية التي يقوم بها هذا الكوكب حول الشمس.

لكن لم تكن مثل هذه الآراء أفكارًا جديدة، فقد اقترح بالفعل بعض المفكرين اليونانيين القدماء أن الشمس مركز الكون وليس الأرض، وهذا يعني أن كوكب الأرض كوكب متحرك. فقد كان معروفًا أن حجم الشمس أكبر من حجم الأرض بكثير. وبالتالي، فهناك احتمالية كبيرة أن تكون الشمس هي المركز. وعلى الرغم من ذلك، فقد دعم الكثير النظريات التي تقول إن الأرض هي مركز الكون. بالإضافة إلى ذلك، نجد أن النظريات الجديدة لم تكن أفضل من النظريات التي قدمها بطليموس، حيث إنها لم توضح المكان الذي يمكن أن تظهر فيه الكواكب في السماء؛ كما كان هناك بعض التعقيدات في هذه النظريات لأن كوبرنيكس قد ركز على الفكرة القديمة التي تقول إن مدارات الكواكب يجب أن تكون دوائر كاملة وذلك عام ١٦٠٩.

إن التعرف على الأشياء التي نعرفها بالفعل والتعرف على الأشياء التي لا نعرفها يعد في حد ذاته معرفة حقيقية.

نيقولاوس كوبرنيكس



النظرية التي وضعها كوبرنيكس

النظرية التي وضعها بطليموس

هكذا، نجد أنه في النموذج الذي قدمه بطليموس للنظام الشمسي كل شيء يدور حول كوكب الأرض الثابت. ولكن، وضع كوبرنيكس نظامًا شمسيًا مختلفًا، وتمثل الشمس مركز الكون في هذا النظام. ولقد كان المخطط الذي قدمه بطليموس للنظام الشمسي أكثر تعقيدًا من الرسم التوضيحي الذي يعرض هنا. كما نجد أن بطليموس يقول إن السبب وراء وجود كوكب الزهرة وكوكب عطارد دائمًا بالقرب من الشمس في السماء يرجع إلى وجود علاقة غير مفهومة بين هذه الأجسام؛ وأن هذه العلاقة هي السبب في دوران مثل تلك الأجسام حول الأرض في مجموعة. ولكن، كوبرنيكس قدم شرحًا أبسط من ذلك وهو أن هذين الكوكبين يوجدان على مسافة قريبة من الشمس أكثر من الأرض.

هذا، ويوضح بطليموس أن السبب وراء الحركة التراجعية، التي تتمثل في تحرك كوكب المريخ والمشترى وزحل في اتجاه مضاد للاتجاه المألوف للأجرام الماثلة الأكثر بعدًا ويتم ذلك لبضعة أشهر في السنة، هو أن هذه الكواكب تقوم برحلات سنوية حول دوائر صغيرة (فلك التدوير) وأن مراكز هذه الدوائر توجد حول كوكب الأرض. ولكن، يرى كوبرنيكس أن هذه الظاهرة ليس لها أي أساس من الصحة، وأنها نتيجة حتمية لدوران كوكب الأرض والكواكب الأخرى حول الشمس في وقت متزامن.

على الرغم من أن كوبرنيكس كان رجل تقوى وورعًا، فإنه بتحديه للنظرية التي تقول إن الأرض هي مركز الكون، والتي اعتقد البعض أنها نظرية تدعمها الكتب الدينية، كان واثقًا من أنه سيثير غضب سلطات الكنيسة. ولتجنب المشاكل، قام أحد زملائه بكتابة تمهيد لكتاب كوبرنيكس (دون موافقة المؤلف أو حتى معرفته) قائلاً إن نموذج النظام الشمسي الذي يتم عرضه في هذا الكتاب يساعد فقط في إجراء بعض الحسابات الفلكية، كما أنه لا يتطابق مع الواقع.

لم يقم كوبرنيكس بالاستعجال في نشر كتابه بل ظل طوال ٣٠ عامًا يقوم بمراجعة الكتاب وتحسين أسلوبه. وكان من الممكن أن لا يرى هذا الكتاب النور ولا يظهر للعامة، لولا قيام عالم الرياضيات الشاب الألماني الجنسية، جورج راتيكوس الذي كان ضيفًا عند كوبرنيكس لمدة عامين، بالإلحاح على كوبرنيكس لكي يقوم بطباعة الكتاب ونشره. (كما قام أدموند هالي أيضًا بالإلحاح على العالم إسحاق نيوتن لكي يقوم بنشر كتابه في عام ١٦٨٤.)

بعد أن قام كوبرنيكس بعدد من الدراسات الأولية في إيطاليا، اشتغل بإحدى الكنائس في سيليزيا (إقليم يوجد الآن في بولندا)، وكان له الكثير من الأنشطة التي قام بها في حياته وقد اشتغل أيضًا بالسياسة والاقتصاد. ولقد اطلع على نسخة من عمله الرائع قبل يوم من وفاته إثر إصابته بسكتة دماغية.

اكتشاف جيرولامو فراكاستورو للجراثيم

١٥٤٦

لقد كانت إيطاليا مليئة في القرن السادس عشر برجال النهضة الأوروبية – وهم رجال قد ألموا بجميع المهارات والمعرفة الخاصة بكل أنواع العلوم والفنون)، ولقد كان ليوناردو دافنشي واحدًا من بين العظماء الكثيرين الذين ظهروا في هذا القرن، ومن هؤلاء العظماء أيضًا العالم جيرولامو فراكاستورو. وعلى الرغم من أن هذا العالم كان يشتغل بالطب؛ فإنه كتب أيضًا الشعر وقدم بعض الأعمال الموسيقية وأصدر بعض الكتب في مجال الجغرافيا والفلك واللاهوت. وكان فراكاستورو صديقًا حميمًا لكبار رجال الدولة في عهده.

لقد ولد هذا العالم في فيرونا وتلقى تعليمه في (باديو)، حيث كان مع كوبرنيكس في فصل دراسي واحد وأصبح من أصدقائه المقربين. وعندما وجد بعض الأفراد الذين كانوا يقومون ببناء قلعة جديدة في فيرونا بعض الحفريات على شكل أصداف سمك في بعض الصخور، وضح جيرولامو وجهة النظر التي أثارت الكثير من الجدل (والتي يشاركه فيها أيضًا دافنشي) والتي تقول إن هذا الصدف هو عبارة عن بقايا حيوانات كانت تعيش في هذه المنطقة من قبل.

لقد شملت أعمال هذا العالم على نظرية الجراثيم والميكروبات الخاصة بالأمراض، وذلك للمرة الأولى أي قبل أن يتم اكتشاف هذه الكائنات بمائة عام (١٦٧٣) وقبل أن يقدم العالمان لويس باستور وروبرت كوخ نظرياتهما في هذا المجال بحوالي٣٠٠ عام (١٨٧٦). ولقد لاحظ فراكاستورو أن العدوى تنتقل بسرعة كبيرة بين الناس والحيوانات (وشهد هذا العالم أحد الأوبئة التي أصابت أرجل وفم الماشية المحلية). كما اقترح فراكاستورو عام ١٥٤٦أن مثل هذه الأوبئة يتم حملها عن طريق "جذور المرض" المقصود بها البكتريا التي يصاب بها الإنسان عن طريق الانتقال المباشر أو تلويث الملابس والأدوات أو حتى عن طريق الهواء. وقد توصل فراكاستورو إلى هذه الاكتشافات في الوقت الذي كان يرى الناس أن مثل هذه الأوبئة نتيجة غضب الخالق على شر الإنسان وسوء تصرفاته.

لكن، لم يتمكن فراكاستورو من تقديم الأدلة التي تدعم آراءه، فقد كانت هذه الآراء مجرد تأملات لم يقبلها الكثير. ومع ذلك، فقد اقتنع البابا بوجهة نظره وبآرائه وقام بالفعل بنقل مجلس المدينة عام ١٥٤٥إلى مدينة بولونيا لتجنب الإصابة بإحدى العدوى، التي شخصها بعد ذلك على أنها مرض التيفوس.

لقد قام فراكاستورو عام ١٥٣٠ بتأليف قصيدة تتحدث عن أحد الأمراض الفرنسية، وهو مرض ينتقل عن طريق الاتصال الجنسي، وهو المرض الذي يُطلق عليه الآن مرض الزهري وجاء هذا الاسم نسبةً إلى عنوان القصيدة. وبعد مرور حوالي أربعة قرون، وصفت الجريدة الطبية The Lancet هذا العالم في السطور التالية: "لقد نشر فراكاستورو معرفة واسعة في مجال الطب وقدم العلاج لعدد من الأمراض التي ظهرت في أوروبا التي تفشت فيها الأمراض والأوبئة في هذه الفترة".

إسهامات آجريقولا في علم الجيولوجيا

١٥٤٦

لقد وضع العالم جورج باور، الذي ولد بساكسوني في ألمانيا والذي يشتهر باسم آجريقولا، قواعد الدراسة المنهجية للصخور التي عرفت بعد ذلك بعلم الجيولوجيا. وكان هذا العالم يعد نموذجًا للعالم الحديث وذلك لأنه كان يعتمد فقط على الملاحظات والتجارب التي يقوم بها بنفسه أو على المعلومات التي يحصل عليها من مصادر موثوق منها. ومن أشهر الكتب التي قدمها هذا العالم هو كتاب De Re Metallica الذي يتناول دراسة علم المعادن والتعدين، ولقد تم نشر هذا الكتاب عام ١٥٥٦ بعد وفاته. وظل يُستخدم هذا الكتاب ويُعتمد عليه في هذا المجال لمدة قرنين من الزمان. ويتناول هذا الكتاب من ضمن عدة أشياء أخرى وصف لطريقة إنتاج حمض النتريك وحمض الكبريت.

لقد وضع هذا العالم كتابين، تم نشرهما عام ١٥٤٦، كانا بمثابة البذرة التي نمت منها دراسة التركيبات الجيولوجية والحفريات، التي كانت تعني في هذا الوقت أي شيء يتم التنقيب عنه في باطن الأرض. ولقد وصف آجريقولا الرياح والماء على أنهما عوامل تلعب دورًا غاية في الأهمية في تشكيل سطح الأرض، واقترح أيضًا أن البراكين والزلازل تعد علامات على الحرارة التي توجد في باطن الأرض.

أعلن آجريقولا أن بعض الحفريات التي توجد داخل الصخور التي يتم تفتيتها عبارة عن أصداف تشبه بقايا الكائنات الحية. وعلى أية حال، لم يعلن آجريقولا مباشرةً أن مثل هذه الحفريات تمثل أجسامًا لكائنات حية وذلك لأنه كان هناك خلاف قوي حول هذه النظرية في هذه الفترة، ولم يتم الفصل في هذه القضية إلا بعد مرور ١٠٠ عام.

لقد بدأ آجريقولا، مثله مثل بقية فلاسفة الطبيعة، أبحاثه في المجالات الطبية. ثم بعد ذلك، بدأ دراسة الصخور والمعادن والسبب الرئيسي وراء اهتمامه بدراسة هذه الأشياء هو أنه كان يمارس مهنته كطبيب في مدينة يوخميستال، وهي أحد مواقع مناجم الفضة الشهيرة في هذا الوقت. كما تولى هذا العالم بعض الوظائف الحكومية في الحكومة المحلية وعمل أيضًا في البلاط الملكي لدوق ساكسوني.

أهم إنجازات تكنولوجيا القرن السادس عشر

لقد تم تقديم معظم الإنجازات التكنولوجية التي تمت في القرن السادس عشر على يد رجال الحرف والمهندسين، ولم يظهر أثر العلم على هذه الإنجازات إلا بعد مرور عدة قرون. ولقد كانت الساعات من أهم الآلات التي تم اختراعها في هذا الوقت، حيث تم تزيين أبراج الكنائس والمباني الحكومية بهذه الساعات؛ كما قام صانع ساعات ألماني عام ١٥١٥ باختراع أول ساعة جيب.

علاوةً على ذلك، تطورت الأسلحة البسيطة التي كانت تستخدم في المعارك عام ١٥١٥ من خلال اختراع "زند البندقية"، الذي يقوم بحك الصّوان على معدن لتشغيل البارود. وبالنسبة للأجيال التالية، ينقسم السلاح الناري إلى ثلاثة أجزاء: آلية إطلاق النار والمسند الخشبي الذي يوضع على الكتف والماسورة المعدنية؛ وهكذا أصبح السلاح الناري يتكون من زند البندقية ومقبض البندقية وماسورة البندقية. هذا، وقد زادت دقة الأسلحة النارية البسيطة بعد عام ١٥٢٠، وذلك من خلال تزويد ماسورة البندقية بأخاديد معدنية حلزونية ساعدت بدورها على التحكم في إطلاق الرصاص.

كما أنه إذا كانت هناك صراعات كثيرة حول الأراضي الواقعة على الحدود، فإن تلك الحدود يمكن وضعها وتنظيمها بدقة شديدة من خلال استخدام التقنيات التكنولوجية الحديثة الخاصة بالمسح الجغرافي مثل آلات المسح أو القياس باستخدام علم حساب المثلثات وأجهزة قياس الزوايا. كما أظهر علم الفلك أيضًا، من خلال اتحاده مع علم الرياضيات، مدى فائدة التكنولوجيا الحديثة في وضع تقويم جديد قدمه البابا جريجوريوس الثالث عشر عام ١٥٨٢. ولقد عِمل هذا التقويم على تنظيم حدوث السنوات الكبيسة؛ الأمر الذي أدى بدوره إلى تنظيم طول السنة بشكل أكثر دقة. ولقد استخدمت الدول الكاثوليكية هذا التقويم على الفور، في الوقت الذي توانت فيه الدول البروتستانتية عن تناوله – ربما لقرون طويلة.

كان على العلماء، والفنائين على حد سواء، الاهتمام بالقضايا السياسية والعسكرية، وذلك من أجل تقديم خدمات للأمراء والنبلاء الذين كانوا يقومون برعايتهم والذين كانوا دائمًا في حالة حرب. كما كان عليهم أن يضاعفوا جهودهم شأنهم في ذلك شأن المهندسين الذين كانوا

يضاعفون جهودهم لبناء الحصون والقلاع، وعلماء الرياضيات الذين كانوا يقومون بدراسة مسار الطلقات والقذائف لزيادة الدقة في استخدام الأسلحة النارية. كما كانت هناك حاجة ماسة إلى استخدام المعادن بشكل موسع في صناعة السيوف والرماح ومواسير البنادق، بالإضافة إلى استخدامها في صناعة الأدوات السلمية مثل المحراث. وبالتالي، لاقت الكتب التي تتناول استخراج المعادن وصهرها، مثل كتاب De Re Metallica للعالم آجريقولا **١٥٤٦** شعبية كبيرة.

كان اسكتشاف أراضي جديدة لغزوها لا يزال محط اهتمام الكثير من الدول، وقد اكتملت بالفعل أولى محاولات الإبحار حول العالم، التي قامت بها مجموعة من السفن تحت قيادة البحار الأسباني فرديناند ماجلان عام ١٥٢١، كما اكتملت أيضًا محاولة الإبحار حول العالم التي قام بها البحار الإنجليزي فرنسيس درايك عام ١٥٨٠. وبالتالي، كان وضع الخرائط وصناعة البوصلات من العوامل التكنولوجية الأساسية التي شهدت تطورًا عظيمًا في هذه الفترة؛ فتطورت الطرق التي يتم بها وضع الخرائط بواسطة الأفراد الذين يقومون برسم الخرائط في الأراضي المنخفضة. كما تمت دراسة صناعة البوصلات بشكل مفصل عام **١٥٨١**؛ وقد أدى كل ذلك بدوره إلى لفت الانتباه إلى دراسة المغناطيسية عام **١٦٠٠**.

علاوةً على ذلك، شهد هذا القرن بدء عصر الصناعة والآلات من خلال الاختراع الذي قدمه العالم الإنجليزي وليم دي، وهو عبارة عن ماكينة خياطة لصناعة الجوارب. ولم يتمكن هذا المخترع من الحصول على براءة الاختراع في إنجلترا، لذلك بدأ اختراعه في فرنسا. ولقد كان اختراع دورات المياه لأول مرة بواسطة السير الإنجليزي جون هارينجتن، وهو أحد رجال الحاشية الملكية الإنجليزية، خطوةً في اتجاه وضع أساليب الحياة المتقدمة والمرفهة.

١٥٥١ - ١٦٠٠

أوضاع العالم في تلك الفترة

لقد ظلت أوروبا تعاني خلال هذه الفترة من الصراعات الطائفية بين المذاهب والدول الكاثوليكية والبروتستانتية، وكان هذا الصراع دائرًا حول التجارة والوصول إلى البلاد الأجنبية وحول الحفاظ أو الإبقاء على حدود وأجزاء الأراضي. وعندما تقاعد الإمبراطور تشارلز الخامس في أحد الأديرة عام ١٥٥٦، ورث ابنه، الملك فيليب الثاني ملك أسبانيا، جنوب إيطاليا وهولندا والأراضي التي تم غزوها في العالم الجديد، كما حصل أخوه فريدريك على الأراضي الألمانية والنمساوية وحصل أيضًا على لقب الإمبراطور الروماني المقدس.

كانت الأراضي المنخفضة (التي أطلق عليها بعد ذلك هولندا وبلجيكا) محط أنظار الكثير من الدول، وبالتالي دارت معارك حامية بين أسبانيا وبين سكان هذه البلاد، الذين كانوا يسعون إلى الحصول على الاستقلال عن أسبانيا، وبين سكان أسبانيا وإنجلترا وفرنسا من ناحية أخرى واللتين كانتا تسعيان أيضًا إلى السيطرة على هذه الأراضي. ولقد وقعت المعركة الحربية الشهيرة "الآرمادا الأسبانية" بين القوات الإنجليزية والقوات الأسبانية عام ١٥٨٨، وقد كان هناك العديد من الأسباب التي أدت إلى نشوب هذه المعركة. أولها، التنافس الشديد بين الإنجليز والأسبان والأمر الذي زاد من خطورة هذه المنافسة هو الاختلافات الدينية التي توجد بين الدولتين. ثانيها، إعدام الملكة ماري الكاثوليكية ملكة اسكتلندا؛ وأخيرًا، الغارات التي قام بها القراصنة الإنجليز على أساطيل الكنوز الأسبانية.

أثرت هذه التوترات السياسية والدينية على الأحوال داخل البلاد. فقد سيطرت أسبانيا على البرتغال وقامت باضطهاد المسلمين هناك. وعندما تولت الملكة إليزابيث حكم إنجلترا عام ١٥٥٨، هدأت الصراعات التي كانت قائمة بين الكاثوليكيين البروتستانتيين بعض الشيء. وقد حاولت المذاهب المختلفة فرض سيطرتها على فرنسا. ولكن، عندما تولى الحكم الملك هنري الرابع، قائد البروتستانتيين الفرنسيين ومؤسس أسرة بوربون، أصدر مرسوم نانت – نسبةً إلى مدينة نانت بفرنسا – عام ١٥٩٨ منح أتباعه من خلاله حرية ممارسة معتقداتهم

الدينية. وقد ساعد هذا المرسوم على تهدئة الأوضاع والاضطهاد الذي تسببت فيه مذبحة سانت بارثولوميو داي – والتي استهدفت قتل البروتستانتيين الفرنسيين عام ١٥٧٢.

بدأت روسيا، تحت قيادة أول قيصر لها، تشق طريقها في الشرق والغرب من خلال إقامة مستعمرات في سيبيريا؛ ونشب بينها وبين بولندا الكثير من المعارك التي انتهت بغزو روسيا للمنطقة التي تعرف الآن بدول البلطيق، وامتد هذا الصراع إلى السويد. ولقد استمر الأتراك العثمانيون في إثارة غضب أوروبا في المنطقة الجنوبية الشرقية من خلال الدخول في معارك برية مع النمسا والدخول في معارك بحرية مع أسبانيا وفينيسيا. ولكن الهزيمة التي نزلت بالعثمانيين في معركة ليبانتو البحرية عام ١٥٧١ أطاحت بطموحات الدولة العثمانية، ومع ذلك تمكن العثمانيون بعد ذلك من السيطرة على جزيرة قبرص.

فنون وأفكار

استمر الفن في التقدم والازدهار، خاصةً في إيطاليا من خلال الأعمال الفنية التي قام بها الفنان فيرونيزي (ومن أهم أعماله لوحة The Marriage in Cana عام ١٥٦٢) والفنان كاريفاجو. كما ظهرت مراكز جديدة للأنشطة الفنية وتطورت في الأراضي المنخفضة على يد الفنان بيتر بروجل (ومن أهم أعماله لوحة The Tower of Babel عام ١٥٦٣)، وظهرت أيضًا مراكز مماثلة في أسبانيا على يد الفنان أل جريكو.

علاوةً على ذلك، ظهر عدد من المواهب الموسيقية العظيمة، فمثلاً ظهر جيوفاني بالسترينا وجيوفاني جابرييلي وكلوديو مونتيفيردي، كما ظهر أيضًا الموسيقار الفلمنكي رولان دي لاسوس. أما في إنجلترا فقد ظهر كل من توماس تاليس ووليم بيرد وجون دولاند. ولقد احترف هؤلاء الفنانون الموسيقى الدينية وغيرها من أنواع الموسيقى المختلفة. هذا، مع العلم أن أي مثقف في هذه الفترة كان يمكنه بكل تأكيد تأليف القصائد الشعرية والعزف على الآلات الموسيقية.

كان الأدب في هذه الفترة يتكون بشكل أساسي من الشعر والمسرحيات والكتب التاريخية، ولم يكن هناك الكثير من الروايات النثرية. ولقد قدم الفنان الفرنسي نوستراداموس مجموعة من كتب التنبؤات وعدد من المسرحيات والقصص تحت إشراف "راعي الشعر والموسيقى في نورمبرج" هانز زاكس. وفي أواخر هذا القرن، تم عرض أحد أعمال الكاتب الإنجليزي الشهير

وليم شكسبير (مسرحية Romeo and Juliet عام ١٥٩٥) على أحد المسارح في لندن. كما تم أيضًا عرض أهم أعمال الكاتب كريستوفر مارلو مسرحية Doctor Faustus عام ١٥٨٨. كذلك، قدم الشاعر أدموند سبنسر عمله الشهير Faerie Queen عام ١٥٩٦.

البلاد التي تم اكتشافها في هذه الفترة

لقد دخل عدد كبير من الدول، مثل فرنسا وهولندا وإنجلترا، في هذه الفترة سباق اكتشاف الأراضي الجديدة والانتفاع بها وبفرص التجارة التي تتوفر بها. وقد قامت مثل تلك الدول بتأسيس عدد من شركات التجارة، مثل شركة East India، وقد ساهم في إنشاء هذه الشركات حاملي أسهم خاصين بالإضافة إلى الرعاة من النبلاء. ولقد كانت فرنسا تتطلع إلى إنشاء مستعمرات في العالم الجديد، ولكن باءت كل محاولاتها بالفشل. ولقد استكمل البحار الإنجليزي فرنسيس درايك ثاني محاولة إبحار حول العالم من خلال الإبحار على طول الساحل الغربي للمنطقة التي يطلق عليها الآن أمريكا الشمالية وصولاً إلى ولاية كاليفورنيا عام ١٥٧٨.

بحلول القرن السابع عشر، تمكن الأشخاص الذين يقومون برسم الخرائط من وضع حدود خمس قارات (أوروبا وآسيا وأفريقيا وأمريكا الشمالية وأمريكا الجنوبية)؛ لكن دون تحديد أي تفاصيل، خاصةً في المناطق الداخلية ومنطقة القطبين. وقد كان هناك شك حول وجود قارة سادسة في الجنوب الأقصى وقد تم تحديدها في بعض الخرائط، ولكن لم يتم الحصول على معلومات كافية حول هذه القارة. ومن خلال الإبحار حول أمريكا الجنوبية، أشار درايك إلى أن هناك محيطًا يقع بين أمريكا الجنوبية والأرض الجنوبية الشاسعة – إذا كانت توجد بالفعل. ثم بدأ التطرق إلى منطقة سيبيريا التي لم يكن قد تم اكتشافها من قبل وأصبحت هذه المنطقة تحت سيطرة القوات الروسية التي كانت تتقدم نحو الشرق.

اتساع الأفق

بدأ مركز الأنشطة العلمية ينتقل من إيطاليا إلى الدول التي تقع في الشمال والغرب مع بداية عام ١٥٥٠. لقد أصبح مركز التقدم العلمي في فرنسا، ثم؛ استقر في البلاد التي أثرت عليها حركة الإصلاح الديني بشكل كبير مثل الأراضي المنخفضة والدانمارك وإنجلترا.

وحدث تطور كبير في علم الفلك من خلال تبلور الكثير من الأفكار والنظريات الجديدة التي تحدت الأفكار القديمة الخاصة بالنظام الكوني. كما ظهرت الكثير من المفاهيم الجديدة في العلوم الطبيعية، وأصبحت النظريات التي قدمها أرسطو في هذا المجال تتعرض لهجوم دائم؛ إذ كانت مثار جدل وشك.

ظلت إيطاليا تقدم الكثير من المساعدات والإسهامات في فهم تركيب وتشريح جسم الإنسان، ولكن ازدهرت العلوم الطبيعية في دول أخرى؛ فمثلاً نجد أن عالم الطبيعة سيمون ستيفن كان هولندي الجنسية، وكان العالم روبرت نورمان إنجليزيًا. ولكن الاستثناء الوحيد هنا هو العالم جاليليو الذي كان إيطالي الجنسية، فقد كان ظهور هذا العالم في العقود اللاحقة من هذا القرن بمثابة بداية فترة من أعظم الفترات التي تم فيها التوصل إلى الكثير من الإنجازات والاكتشافات على يد عالم واحد.

تم تقديم عدد من الإنجازات المهمة على يد الحرفيين من أمثال الأفراد الذين يقومون برسم الخرائط والأفراد الذين يقومون بصناعة البوصلات. هذا، مع العلم أن الرعاية التي كان يقدمها الأمراء والملوك قد ساعدت عدد من هؤلاء المخترعين، فمثلاً؛ نجد أن تيكو براهي كان عالم الفلك الخاص لملك الدانمارك، كما أن وليم جيلبرت كان طبيبًا للعائلة الملكية.

إسهامات جابرييل فالوب وبارتولوميو إستاكيوس في علم التشريح

١٥٥٢

انطلاقًا من المحاولات الجادة التي قام بها أندريس فيزيليوس عام ١٥٤٣ لتقديم وصف دقيق لجسم الإنسان، واصل الأطباء الدراسة الدقيقة لبناء جسم الإنسان. وقد قَدَّم معظم هؤلاء الأطباء من إيطاليا؛ حيث وضعت الدراسات التي تم إجراؤها هناك في مجال علم تشريح الإنسان، خاصةً في جامعة باديو، قواعد علم التشريح في العالم. ولقد أسس العالمان جابرييل فالوب وبارتولوميو إستاكيوس، بالإضافة إلى الجهود التي قام بها العالم فيزيليوس، قواعد العلم الحديث لتشريح الإنسان.

لقد أصبح فالوب، الذي كان أحد تلاميذ العالم فيزيليوس، واحدًا من أعلام جامعة باديو؛ حيث كان أستاذًا لقسمي التشريح والجراحة وكان مديرًا للحدائق النباتية. لقد مات هذا العالم في سن صغيرة - ٣٩ عامًا - ولكنه قدم بعض الاكتشافات المهمة. فقد اكتشف هذا العالم القنوات الدقيقة أو قناة البيض التي تصل المبيضين بالرحم في جسم المرأة، ولقد أطلق على هذه

القنوات اسم قناتي فالوب نسبةً إليه. كما اكتشف هذا العالم القنوات الصغيرة التي توجد في الأذن والتي تصل بين طبلة الأذن والأذن الداخلية التي تعد مركز حاسة السمع.

هذا، وقد ذاع صيت العالم إستاكيوس – وهو أصغر سنًا من فالوب – في روما. وقد يكون هذا العالم نظيرًا للعالم فيزيليوس في مجال التشريح؛ إلا أن عددًا كبيرًا من اكتشافاته ظل مجهولاً لمدة ١٠٠ عام. ولقد أعلن هذا العالم عام ١٥٥٢ اكتشافين مهمين: كان الاكتشاف الأول في الأذن ويتمثل في اكتشاف القناة السمعية وهي القناة التي تصل بين الأذن الداخلية ومؤخرة الحنجرة. أما الثاني فقد كان في القلب وهو اكتشاف الصمام الذي يوجد في جدار الأذين الأيمن للقلب. ويطلق على هذين الاكتشافين قناة وصمام إستكايوس نسبةً إليه. كما قدم هذا العالم أول رسومات شاملة للغدة الكظرية والقناة الصدرية وتركيب الأسنان.

وضع جيرارد مركاتور وإبراهام أورتيلوس خريطة للعالم

١٥٦٩

لقد قامت الدول الأوروبية باكتشاف مساحات كبيرة من الأراضي في الشرق والغرب في أثناء القرن السادس عشر، وبالتالي كان لا بد أن يتم إدراج الأراضي الجديدة التي تم اكتشافها على الخرائط. وقد تم هذا الأمر عن طريق مهارات الأفراد الذين يقومون برسم الخرائط، خاصةً هؤلاء الذين يسكنون الأراضي المنخفضة (هولندا وبلجيكا) من أمثال جيرارد مركاتور وإبراهام أورتيلوس.

لكن، المشكلة الكبرى التي واجهت هؤلاء الأفراد في هذه الفترة هي كيفية تمثيل الأسطح المقوسة للكرة الأرضية على خريطة مسطحة بالطرق التي تتجنب الوقوع في الخطأ قدر المستطاع. وفي عام ١٥٦٩، قام مركاتور بوضع خريطة للعالم المعروف في ذلك الوقت مستخدمًا طريقة الإسقاط الشهيرة التي وضعها والتي تضع خطوط الطول ودوائر العرض على زوايا قائمة. ولا يعكس هذا الإسقاط حجم وشكل الكتل الأرضية التي توجد بالقرب من القطبين بدقة وإنما يعكس بدقة تلك الكتل التي توجد بالقرب من خط الاستواء. وكان هذا النوع من الإسقاط أكثر الأنواع استخدامًا؛ حيث أدى هذا الإسقاط إلى التمكن من رسم مسارات البوصلة على الخرائط على هيئة خطوط مستقيمة، الأمر الذي أحدث طفرة في مجال الملاحة البحرية.

هذا، وقد اعتمدت دقة الخرائط وقيمتها على البيانات التي كانوا يستخدمونها، وقد كان القباطنة والبحارة هم مصدر هذه البيانات. أما التقنيات المستخدمة في التعرف على دوائر العرض وخطوط الطول في البحر فكانت لا تزال تقنيات غير متقنة. فكان يتم تقدير دوائر العرض من خلال قياس ارتفاع الشمس فوق الأفق في وقت الظهيرة أو قياس ارتفاع النجوم ليلاً عن طريق استخدام الأدوات البدائية مثل مثلث المساح، أما آلة السدس الأكثر دقة (آلة لقياس ارتفاع الأجرام السماوية من سفينة أو طائرة) لم يتم اختراعها إلا بعد ٢٠٠ عام (أي عام ١٧٣١). أما خطوط الطول فكان يتم تقديرها بناءً على قياس سرعة السفينة. ولم يتم الحصول على خطوط الطول الدقيقة والتي يمكن الاعتماد عليها إلا في القرن الثامن عشر، عندما تم تطوير الكرونومتر عام ١٧٦٥، وهو أداة لقياس الزمن بدقة بالغة.

إسهامات تيكو براهي في علم الفلك

١٥٧٢

لقد كان تيكو براهي عالم الفلك الخاص لملك الدانمارك. وقد استخدم تيكو براهي، في أثناء عمله بالمرصد الملكي (في يورانيبورج). أفضل المعدات التي كانت متاحة قبل اختراع التليسكوب لقياس مواقع وحركات النجوم والكواكب. وقد كان العالم الألماني الشاب جوهانس كبلر المساعد الرئيسي لهذا العالم لفترة من الوقت، وقد قدم جوهانس كبلر بعض الإنجازات الخاصة به التي حققت له الشهرة في الفترة من ١٦٠٤ حتى ١٦٠٩.

شاهد براهي عام ١٥٧٢ نجمًا جديدًا في كوكبة ذات الكرسي، ولم يكن هذا النجم موجودًا من قبل. وكانت المعرفة السائدة في هذا الوقت تقول إن الأجرام السماوية خالدة وغير متغيرة، وبالتالي فإن هذا النجم متجدد التألق يوجد ضمن نطاق الغلاف الأرضي؛ حيث تخضع الطبيعة إلى التغير والفناء. ولكن القياسات الدقيقة التي قدمها براهي أثبتت أن النجم الجديد لا يغير موضعه بناءً على علاقته بالنجوم الأخرى التي توجد حوله في أثناء السنة، وأنه نجم مرئي. وبالتالي، يخبو هذا النجم بين النجوم الأخرى ويصبح من الصعب التوصل إليه. ومن هنا أثبت هذا العالم أن الأجرام السماوية يمكن أن تتغير وأنها تخضع للقوانين نفسها التي تطبق على الظواهر الطبيعية التي توجد على كوكب الأرض، وقد كان هذا الاكتشاف غايةً في الأهمية.

كان براهي شخصًا مليئًا بالحيوية؛ ويقال إنه كان يضع قطع من الذهب والفضة على أنفه لكي يخفي التشوهات التي أصابته نتيجة قيامه بمبارزة أحد منافسيه على أخذ المكانة الأولى في علم الرياضيات. كذلك، يقال إنه تُوفي من جراء إصابته بالتهابات شديدة في مجرى البول. ← ١٥٧٧

الاختلاف بين تيكو براهي وكوبرنيكس

١٥٧٧

بعد أن اكتشف عالم الفلك الدانماركي تيكو براهي النجم الجديد عام **١٥٧٢**، استمر في تحدي نموذج النظام الكوني الذي كان معترفًا به في هذه الفترة، مثلما فعل كوبرنيكس من قبل عام **١٥٤٣**.

في عام ١٥٧٧، قام هذا العالم بتتبع مسار أحد المذنبات مستخدمًا معداته الدقيقة وأثبت أن جميع المذنبات عبارة عن أجسام بعيدة تبعد كثيرًا عن القمر وأن هذه الظاهرة لا توجد في غلاف الكرة الأرضية فقط. ويمكن لمسار هذه المذنبات أن يُقطع عبر مدارات الكواكب. وبالتالي فإن هذه الكواكب لا يمكن أن تكون معلقةً من أجسام سماوية متبلورة كما كان يعتقد الكثير. كما أن مدارات المذنبات لم تكن على هيئة دوائر كاملة، بل كانت مستطيلة بعض الشيء. ومع مرور الوقت، ضاعت مصداقية النظريات التي وضعها كل من أرسطو وبطليموس حول الكون والتي استمرت لأكثر من ١٥٠٠ عام.

لكن، لم يتفق براهي مع كوبرنيكس على طول الطريق. فإذا كان كوكب الأرض يدور بالفعل حول الشمس، فلا بد أن تكون هناك درجة من اختلاف الرؤية بين الأجرام السماوية، حيث تتحرك تلك الأجرام إلى الأمام أو الخلف بنسب متفاوتة بسبب اختلاف الرؤية من على سطح الأرض. ولكن لم يتمكن براهي من رؤية مثل هذه الحركة، وهذا يعني إما أن تكون الأرض ثابتة تمامًا ولا تدور مطلقًا وإما أن الأجرام السماوية توجد على مسافة بعيدة جدًا ولذلك لا يمكن ملاحظة الاختلافات التي توجد بينها وقد اختار براهي الاقتراح الأول. هذا، وقد اتضح من النموذج الذي قدمه هذا العالم لشكل الكون – ذلك النموذج الذي نال شعبيةً كبيرةً في هذه الفترة – أن الكواكب الخمسة المعروفة في هذه الفترة تدور حول الشمس. أما الشمس (والقمر أيضًا) فتدور حول كوكب الأرض الثابت.

لقد فاق البعض النظريات التي قدمها كوبرنيكس. فعلى سبيل المثال، نجد أن العالم الإنجليزي توماس ديجز لم يصدق أن جميع النجوم معلقة بكرة سماوية، بل كان يرى أن النجوم توجد على مسافات مختلفة وتمتد بشكل لا نهائي. كما قدم هذا العالم بعض الاقتراحات التي أثارت مزيدًا من الجدل ومن اقتراحاته أن النجوم في حد ذاتها شموس ويقل ضوء هذه الشموس حسب المسافة التي تبعدها. ومن الممكن أن يكون لهذه الشموس كواكب مثل الشمس التي توجد لدينا. ومثل هذه الآراء توضح أن الأرض أبعد بكثير من أن تكون مركزًا للكون.

بالإضافة إلى ذلك، قدم العالم الإيطالي جيوردانو برونو بعض النظريات الأخرى التي لا تقترح فقط احتمالية وجود عوالم أخرى، وإنما تقترح أيضًا إمكانية الحياة في مثل هذه العوالم. ولقد تم الحكم على هذا العالم بالإعدام حرقًا عام ١٦٠٠ بسبب اتهامه بالهرطقة وكان تأييده لآراء كوبرنيكس واحدًا من التهم التي وجهت إليه.

هذا، وقد خلف براهي قدرًا كبيرًا من القياسات الدقيقة الخاصة بحركة النجوم والكواكب لتلاميذه وأتباعه. ومن الجدير بالذكر، أنه دون الاكتشافات التي توصل إليها هذا العالم، لم يكن مساعده، جوهانس كبلر، ليتمكن من التوصل لقوانين حركة الكواكب السّيارة عام ١٦٠٩.

وضع جاليليو جاليلي لقانون بندول الساعة

١٥٨١

لقد عُرف العالم الإيطالي جاليليو جاليلي، مثل نابليون، لدى الأجيال التي تلته باسمه الأول جاليليو. لقد كان والد العالم جاليليو، فنسينزو، (وهو أيضًا أول من قام بكتابة السيرة الذاتية لهذا العالم) موسيقارًا. وقد اكتشف هذا العالم من خلال التجريب أن هناك علاقة حسابية بين شد أوتار الآلات الموسيقية وبين درجة النغم التي تنتجها مثل هذه الآلات. وبالتالي، كان للعالم جاليليو دور بارز من البداية في التجريب وفي استخدام الرياضيات للتعبير عن قوانين الطبيعة.

قدم هذا العالم أول اختراع له عام ١٥٨١، وكان عمره في ذلك الوقت لا يتعدى ١٧ عامًا. وتقول القصة الشهيرة إن جاليليو كان واقفًا في الكنيسة الكاتدرائية التي توجد في مدينة "بيزا" وظل يشاهد المصباح الكبير أمام حرم الكنيسة وهو يتأرجح من جانب إلى آخر وقام بحساب

توقيت التأرجح مقابل دقات نبضه، حيث توفرت لديه بعض المعلومات عن الطريقة التي يعمل بها النبض من خلال دراسته للطب. ووجد أن كل تأرجح لبندول الساعة له عدد متساوٍ من ضربات القلب. ولكن قام بعد ذلك صديقه، الطبيب سانتوريو، بالتشكيك في هذا الاكتشاف. وقد استخدم بندولاً صغيرًا لحساب فترات متساوية من الوقت لقياس نبض المريض.

هذا، وقد وضع جاليليو النظرية التي أطلق عليها "التماثل الزمني لبندول الساعة": وتفترض هذه النظرية أن أي شيء يتدلى من سلسلة أو حبل يأخذ فترات متساوية من الوقت للتأرجح من جانب إلى آخر، بغض النظر عما إذا كان مقدار التأرجح كبيرًا أو صغيرًا. كما أن طول السلسلة هو الشيء الوحيد الذي يحدد فترة التأرجح. وعلى الرغم من أن نظرية التماثل الزمني لم تكن حقيقية ودقيقة إلا في حالة التأرجح الصغير فقط، فإنها كانت بمثابة الأساس الذي تم وفقًا له اختراع بندول الساعة الذي أدى بدوره إلى التمكن من قياس الفترات الزمنية القصيرة بشكل دقيق لأول مرة. لقد قدم جاليليو هذه الأفكار، ثم تُوفي بعد ذلك. لكن، قام العالم الهولندي كريستيان هايجنز بصناعة أول اختراع من هذا النوع عام **١٦٥٦**.

هذا، ويعد بندول الساعة واحدًا من أبسط الاختراعات العلمية، على الرغم من أنه ساعد في حدوث تقدم علمي كبير على مدار قرون؛ حيث ساعد في تحديد شكل الأرض عام **١٧٣٦** وإثبات أن كوكب الأرض كوكب متحرك في عام ١٨٥١. ← **١٥٨٩**

> **فيما يتعلق بالتقدم العلمي، لا تقل النظريات التي يقدمها عالم واحد أهميةً عن تلك التي يتفق عليها ألف من العلماء.**
>
> **جاليليو جاليلي**

إسهامات روبرت نورمان في علم المغناطيسية


١٥٨١

لقد تعرف اليونانيون القدماء على "حجر المغناطيس"، وهو عبارة عن كتل غريبة من الصخور التي تتمتع بقوة جذب الحديد. ولقد كان لهذه الصخور القدرة على نقل قوة الجاذبية إلى قطع من الحديد، وقد أُطلق عليها اسم

المغناطيس نسبةً إلى مدينة مانيسا (وتوجد هذه المدينة الآن في تركيا)؛ حيث تم اكتشاف أحجار المغناطيس لأول مرة.

بعد مرور ١٠٠٠ عام، اكتشف الصينيون أن قطع المغناطيس التي تطفو فوق القش الموضوع في إناء من الماء تتجه دائمًا إلى الشمال والجنوب، ومن هنا جاء اختراع البوصلة المغناطيسية التي وصلت إلى أوروبا في القرن الثالث عشر. ثم قام المخترع بيتر بيرجرينوس بتطوير البوصلة؛ حيث أضاف الإبرة المغناطيسية حول محور عمودي، وأصبحت البوصلة من الأدوات التي لا غنى عنها في أثناء الرحلات الخطيرة التي تمت في القرن الخامس عشر.

هذا، وقد لاحظ البحارة شيئين حول البوصلة. أولاً، أنها لا تتجه دائمًا نحو الشمال بالضبط؛ وإنما تتجه نحو الشمال الشرقي أو الشمال الغربي بناءً على الموقع الذي توجد فيه السفينة. وقد عُرف هذا الانحراف بالحدور المغناطيسي أو انحراف البوصلة الذي تم تخطيطه رياضيًا لأول مرة بواسطة عالم الفلك أدموند هالي عام ١٧٠٢.

يتمثل الأمر الثاني الذي لاحظه البحارة في البوصلة في عدم استقرار الإبرة في موقع أفقي، بل ينجذب الطرف الشمالي إلى أسفل. وبالتالي، يجب قطع جزء من الطرف الشمالي للإبرة المغناطيسية للحفاظ على التوازن ولكي تتحرك بسلاسة. وتُعرف هذه الظاهرة بظاهرة الميل المغناطيسي، وقد تم اكتشاف هذه الظاهرة لأول مرة عام ١٥٤٤ بواسطة العالم جورج هارمان في مدينة نورمبرج. وقد أضاف العالم الإنجليزي روبرت نورمان المزيد من التفاصيل حول هذه الظاهرة. كما قام بنشر النتائج التي توصل إليها في كتاب أطلق عليه اسم The Newe Attractive عام ١٥٨١.

كان نورمان يقوم بصناعة البوصلات، وقد أخطأ مرةً في صناعة البوصلة عندما قام بقطع جزء كبير من الطرف الشمالي لكي يحافظ على توازن البوصلة. ولكي يكتشف المزيد، قام بموازنة الإبرة حول محور أفقي لكي تتمكن من التحرك بحرية وسلاسة لأعلى ولأسفل، واكتشف أن الطرف الشمالي للإبرة ينحدر بشدة في اتجاه الأرض. هذا، مع العلم أن الميل المغناطيسي كان يزداد بشدة، كلما تم التوغل في اتجاه الشمال. وقد كان لهذه النتائج - التي اعتمدت ربما على أول دراسة منهجية لهذه الظاهرة - دور فعال للغاية في الدراسة التي قام بها وليم جيلبرت حول مغناطيسية الأرض (١٦٠٠).

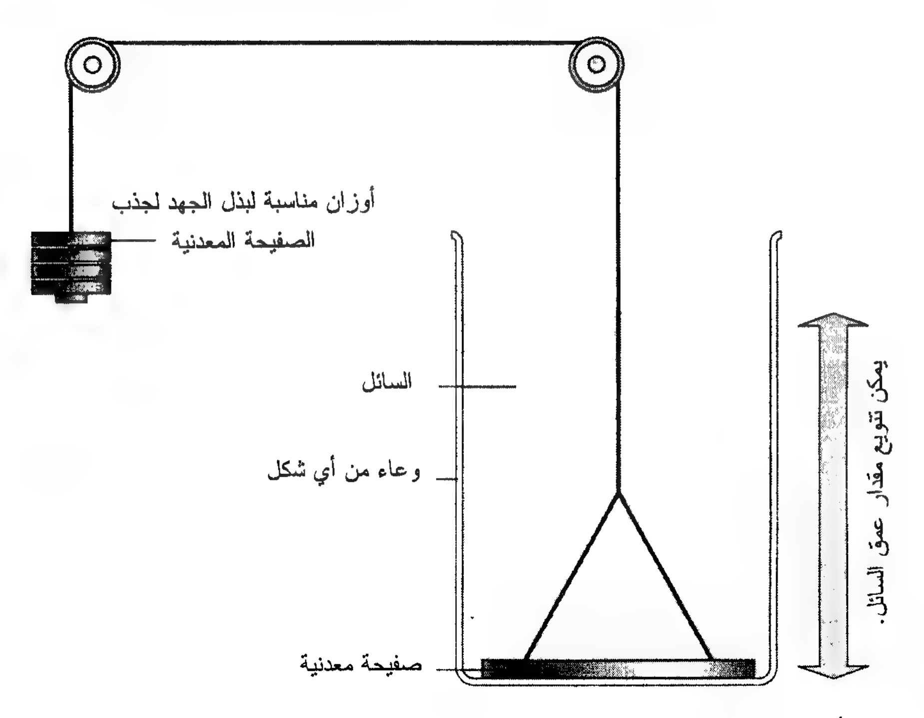
سيمون ستيفن ونظرية الدفع والضغط

١٥٨٦

لم تتم معرفة الكثير عن حياة العالم سيمون ستيفن، ذلك المهندس الذي ذاع صيته في فلاندرز (بلجيكا الحديثة) في أواخر القرن السادس عشر. وقد بدأ ستيفن حياته ككاتب لدى أحد التجار ولكنه سافر كثيرًا وقدم بعض الإنجازات. فعلى سبيل المثال، نجد أن صمامات التحكم في تدفق المياه التي صممها، التي يمكن من خلالها إغراق أجزاء من هولندا، كانت جزءًا من خطة الدفاع القومي ضد أية محاولة لغزو البلاد.

من ناحية، ترجع شهرته العلمية التي حققها إلى دعمه لنظريات جاليليو (١٥٨٩)؛ حيث حاول أن يبرهن أن السرعة التي تسقط بها الأشياء على سطح الأرض ليست لها أية علاقة بوزن هذه الأشياء. وقد أجرى بعض التجارب التي قام فيها بإلقاء أشياء ذات أوزان مختلفة من أعلى لكي يثبت صحة نظريته، الأمر الذي أدى إلى إضعاف مصداقية نظريات أرسطو التي استمرت لمئات من السنين.

من ناحية أخرى، كان ستيفن في طليعة العلماء الذين قاموا بدراسة العلوم الجديدة التي تناولت قوة وحركة الغازات والسوائل. لقد وضع القانون - الذي أعاد العالم الفرنسي بليز بسكال صياغته فيما بعد (١٦٥٣) - الذي يفترض أن ضغط السائل على جدران الوعاء يعتمد فقط على عمق السائل وليس على حجم وشكل الوعاء الذي يوجد به السائل. ولقد اعتمد في محاولة إثباته لذلك القانون على التجارب، التي استخدم فيها أوزان لجذب صفيحة معدنية مسطحة توجد داخل وعاء ممتلئ على أعماق مختلفة، وتم نشر هذه التجارب عام ١٥٨٦.



لقد أثبت سيمون ستيفن من خلال هذه التجربة التي استخدم فيها الأدوات السابقة أن الضغط على قاع الوعاء (وبشكل عام الضغط على أي مستوى من مستويات السائل) يعتمد فقط على عمق السائل (وعلى كثافته) وليس على أي عوامل أخرى.

هذا، وقد كان للنظريات التي وضعها هذا العالم أثر كبير على دراسة القوى بشكل عام؛ حيث تم وضع مثلث القوى ومتوازي أضلاع القوى؛ الأمر الذي أدى إلى تسهيل الدراسة الرياضية للقوى سواء في حالة الحركة أو السكون. ولا تزال هذه الطرق تستخدم في معامل المدارس حتى الآن.

قدم هذا العالم عددًا من الإنجازات المتنوعة التي لم تنحصر في الإطار العلمي فقط. فعلى سبيل المثال، قام بتبسيط نظام تدوين الحسابات بالقيد المزدوج، وقد تم ابتكار هذا النظام في إيطاليا وتم استخدامه في تدوين الحسابات العائلية لأحد الأمراء. وقد كان هذا العالم أيضًا هو أول عالم يقترح أن حركة المد والجزر التي تحدث في المحيطات لها علاقة قوية بجاذبية القمر. كما عهد هذا العالم على استخدام مجموعة الكسور العشرية المبسطة بدلاً من استخدام الكسور العشرية المعقدة. هذا، علاوةً على أنه حث العلماء على استخدام اللغة

العامية الدارجة عند تسجيل النتائج التي يتوصلون إليها بدلاً من اللغة اللاتينية التي كانت تعد اللغة الشائعة للعلم.

تحدي جاليليو لنظريات أرسطو

١٥٨٩

لقد أصبح العالم جاليليو جاليلي عام ١٥٨٩محاضرًا في جامعة بيزا، وقد كان عمره في هذه الفترة لا يتعدى ٢٥ عامًا. وقد ظهرت ثمرة العامين اللذين عمل خلالهما هناك في الكثير من الإنجازات. فمثلاً، نجد أنه قام بتجريب أول أشكال الترمومتر الذي أطلق عليه المكشاف الحراري والذي كان يقوم بقياس درجة حرارة الجو من خلال تمدد الهواء.

الأهم من ذلك، أنه بدأ العمل في أحد الأبحاث لاكتشاف القوانين التي تتحكم في حركة الأشياء، مثل حركتها عند السقوط. وقد كانت النظريات التي تسيطر على العقول في هذا المجال في هذه الفترة هي نظريات أرسطو التي تقول إن حركة الأشياء إما أن تكون حركة طبيعية أو غير طبيعية. والحركة الطبيعية للأشياء هي الحركة التي تقوم بها الأنواع المختلفة للمادة لأخذ أماكنها المناسبة في الطبيعة، فمثلاً الماء والأرض يتميزان بالجاذبية وبالتالي، يتجهان إلى أسفل. أما الهواء والنار فهما خفيفا الوزن للغاية؛ وبالتالي يتجهان إلى أعلى. وبما أن جميع الأشياء تتكون من مزيج مختلف من هذه العناصر، فإن كل شيء يتجه إما إلى أعلى أو إلى أسفل بسرعته وحسب وزنه.

لكن، جاليليو قام بالتشكيك في هذه النظريات، وقام بقذف شيئين لهما وزنان مختلفان تمامًا (قذيفة مدفع وقذيفة بندقية) من أعلى برج بيزا المائل، وأثبت أنهما وصلا إلى الأرض في وقت واحد. ويرى البعض أن هذه القصة قد ألفها أحد الأشخاص الذين قاموا بكتابة السيرة الذاتية لحياة جاليليو، أي والده فنسينزو أو تلميذه فيفياني. ولكن قام العالم الهولندي سيمون ستيفن (١٥٨٦) بتجربة مماثلة قبل ذلك بعدة سنوات، وبالتالي، فإن هناك احتمالاً بسيطًا أن قد يكون جاليليو قد أعتقد في صحة هذه التجربة، بشرط أن يكون قد تجاهل أثر عوامل مقاومة الهواء. وبعد ذلك بحوالي ٤٠٠ عام، قام أحد رواد الفضاء وهو

على سطح القمر الذي يخلو من الهواء بقذف مطرقة وريشة ووجد أنهما يستغرقان الوقت نفسه للسقوط.

إذًا، ما الشيء الذي يتحكم في معدل سقوط الأشياء؟ وهل يمكن ربط هذا الأمر بالنوع الآخر للحركة الذي تحدث عنه أرسطو والذي أطلق عليه الحركة غير الطبيعية؟ لكن، الإجابة عن مثل هذه الأسئلة لم تأتِ إلا بعد سنوات من التجريب (١٦٠٤).

هناك علاقة وثيقة بين هذه النظريات وبين الاكتشافات التي قدمها جاليليو حول بندول الساعة (١٥٨١)؛ حيث إن الوقت الذي يستغرقه بندول الساعة للتأرجح لا يعتمد على مدى ثقل هذا البندول، فسواء كان هذا البندول خفيفًا أم ثقيلاً؛ فإنه يستغرق الوقت والسرعة نفسهما – شأنه في ذلك شأن الأشياء الخفيفة والثقيلة عند إلقائها. ويرجع ذلك إلى سبب واحد وهو أن كل من الشيء الذي يتم قذفه من أعلى أو بندول الساعة يستجيبان لقوة الجاذبية الأرضية. ويعتمد تأثير الجاذبية على الأشياء على ثقل الشيء (الذي يعرف بالكتلة التجاذبية) وسرعة حركته، أما وقت جذب الشيء، فيعتمد على مقاومة الحركة التي تعرف بالقصور الذاتي، الذي يختلف أيضًا باختلاف كتلة الشيء. هذا، مع العلم أن النتائج التي تم التوصل إليها من خلال إجراء التجارب على بندول الساعة والأشياء المتساقطة قد أثبتت أن الكتلة التجاذبية تساوي الكتلة القصورية. وعلى الرغم من أن السبب وراء تساوي هذه الكتل ليس واضحًا، فإنها متساوية بالفعل. ويتم الآن اختبار "مبدأ التكافؤ" بدرجة عالية من الدقة. ← ١٦٠٤

إسهامات وليم جيلبرت في القوة الكهرومغناطيسية

١٦٠٠

لقد حقق الطبيب الإنجليزي وليم جيلبرت المكانة والشهرة في أواخر حياته؛ حيث تم تعيينه الطبيب الخاص للملكة إليزابيث الأولى وأصبح رئيسًا للكلية الملكية للأطباء وذلك عام ١٦٠٠؛ أي قبل وفاته بحوالي ثلاثة أعوام. كما ساهم أيضًا في هذا العام في التقدم العلمي من خلال تقديمه لكتاب On the Magnet. ويعد هذا الكتاب أول دراسة منهجية شاملة لمادة المغناطيس وصناعة البوصلة، تلك الآلة التي تم استخدامها لسنوات عديدة لإرشاد السفن وتوجيهها في المحيطات.

بالإضافة إلى ذلك، فإنه تم التوصل من خلال الملاحظة إلى الكثير من الأمور، ومنها أنه لم يكن من الممكن الوثوق بالبوصلة دائمًا، حيث أظهرت إبر البوصلة بعض الانحراف. بمعنى أن تلك الإبر لا تتجه نحو الشمال بالضبط، وإنما تتجه نحو الشمال الشرقي أو الشمال الغربي بعض الشيء. كما اكتشف العالم روبرت نورمان عام ١٥٨١ أن تلك البوصلات تظهر "زاوية ميل" في اتجاه الأرض. هذا، مع العلم أن كلاً من حدة الانحراف وزوايا الميل تختلفان من مكان إلى آخر لمئات أو آلاف من الكيلومترات.

هذا، وقد أوضحت هذه الملاحظات للعالم جيلبرت – وكذلك للعالم نورمان – أن كوكب الأرض عبارة عن حجر مغناطيس عملاق (كما تمادى هذا العالم في اقتراحاته، حيث قال إن المغناطيسية هي جوهر كوكب الأرض). وقام هذا العالم بصناعة جسم كروي من مادة المغناطيس، وأطلق على هذا الجسم اسم تيريللا أو نموذج مصغر لكوكب الأرض. وأثبت أنه عند وضع بوصلة صغيرة على سطح هذا الجسم، فإن هذه البوصلة تظهر الميل والانحراف نفسهما اللذين يحدثان في البوصلة على أرض الواقع.

إذا كان هذا النموذج صحيحًا، فيعني ذلك أن كوكب الأرض له قطبان، شأنه في ذلك شأن حجر المغناطيس. وأن هذين القطبين قاما بجذب طرفي إبرة البوصلة. هذا، مع العلم أن تلك الأقطاب المغناطيسية تختلف عن الأقطاب الجغرافية، وهو الأمر الذي يوضح السبب وراء عدم اتجاه البوصلة دائمًا نحو الشمال بالضبط.

قام العالم جيلبرت بدراسة المغناطيسية لمدة ٢٠ عامًا قبل أن يقوم بنشر كتابه. واكتشف أن تعريض مادة المغناطيس للحرارة يؤدي إلى فقد هذه المادة لفعاليتها، واكتشف أيضًا خطأ بعض الآراء التي كانت سائدة في هذه الفترة حول هذا الموضوع.

وقد انكب جيلبرت أيضًا على دراسة ما أطلق عليه "القوة الكهربائية"، وهي عبارة عن قطع من الكهرمان؛ والتي عند حكها بالأقمشة، تكون قادرة على جذب الأتربة والشعر وغيرها من الأشياء الخفيفة. وقد تعرف اليونانيون القدماء بالفعل على هذه القوة من قبل، وقد وضع جيلبرت هذا الاسم نسبةً إلى الكلمة اليونانية التي تعني كهرمان. ولقد توصل هذا العالم إلى بعض المواد التي تعمل بالطريقة نفسها، مثل الزجاج. وكان يرى جيلبرت أن القوة المغناطيسية والقوة الكهربائية ظاهرتان مختلفتان، ولم تظهر العلاقة الحيوية بين هاتين القوتين إلا بعد مرور ٢٠٠ عام (١٨٢٠).



١٦٠١ - ١٦٥٠

أوضاع العالم في تلك الفترة

كان القرن السابع عشر يُعرف بعدم التسامح الديني. كما حدثت فيه صراعات عديدة بين الدول على الأراضي والتجارة. ولمدة ٣٠ عامًا منذ عام ١٦١٨، عانت أوروبا كثيرًا من الحروب؛ حيث كانت كل الدول الأوروبية تتحالف إما مع الكاثوليك أو البروتستانت. ونتيجة لتلك الحروب، فقد حل الخراب بكثير من الدول الأوروبية إذ انتشرت المجاعات والأمراض. وفي أجزاء أخرى من أوروبا، لقي حوالي ٣٠ بالمائة من السكان حتفهم بسبب كل هذه الظروف القاسية. كما أن الصراع الطويل على السلطة أدى إلى نشوب صراع طويل ومعارك حامية بين فرنسا وأسبانيا في ساحات القتال التي دارت في الأراضي المنخفضة. فعلى الحافة الشرقية لأوروبا، تصارعت كل من بولندا وروسيا على الأراضي الواقعة بينهما.

ظلت الحرب الأهلية في إنجلترا حتى الأربعينيات من القرن السابع عشر. وقد كان الصراع محتدمًا بين الملك والبرلمان، تمامًا كما هو الحال بين رجال الدين. كما أن الاستقرار السياسي والنهضة الثقافية التي تلت تلك الفترة أدت إلى ازدهار العلم بشكل لم يسبق له مثيل من قبل. كما أن هذه الحرب الأهلية غير المعلنة نشبت في فرنسا بين القوات الكاثوليكية التابعة للملك والقوات البروتستانتية الفرنسية.

بحلول عام ١٦٥٠، انتهت الحرب التي استمرت حوالي ٣٠ عامًا تاركة وراءها شمال ووسط أوروبا في حالة يُرثى لها. وقد كانت السلطة العليا للبروتستانت في إنجلترا وقد تم إعدام الملك الكاثوليكي. أما الشعب الهولندي فقد تمتع بحريته. كما تولى سلالة الرومانوف زمام الحكم في روسيا.

بالإضافة إلى ذلك، قامت كل من بريطانيا وفرنسا وهولندا وأسبانيا بإنشاء المستعمرات الأوروبية الأولى الثابتة على ساحل أمريكا الشمالية، ثم في كندا والولايات المتحدة الأمريكية. ونتيجة لذلك، كان يمكن التنبؤ بأن الولايات المتحدة قد تصبح القوة العظمى في مجال العلم على مدى ثلاثة قرون مقبلة.

فنون وأفكار

بالنسبة للموسيقى، فقد بدأت النهضة الأوربية تمهد الطريق لفن الباروكي - أسلوب في التلحين خاص بالمؤلفات الموسيقية التي ازدهرت في أوروبا في القرن السابع عشر والتي تميزت بعدم توافق الأنغام وكذلك بالأنماط المقيدة والإضافات المطولة. وقد قام الملحن الموسيقي الإيطالي كلوديو مونتيفيردي كتابه الشهير الذي أطلق عليه اسم Vespers في عام ١٦١٠. وكان مونتيفيردي رائدًا لنوع جديد من الفن يسمى الأوبرا (أوبرا The Coronation of Poppea في عام ١٦٤٢). وفي إنجلترا، كان كل من أورلاندو جيبونز ووليم بيرد نشيطين ولهما دور مؤثر للغاية في مجال الفن.

أما فيما يتعلق بالرسم، فقد قام الرسامون من كل من فلاندر وهولندا باستخدام التكنولوجيا الحديثة في الرسم بألوان الزيت وكان هؤلاء الرسامون الأكثر تأثيرًا في ذلك. ومن هؤلاء الرسامين: بيتر بول روبنز (الذي قام برسم لوحة The Raising of the Cross في عام ١٦٠٨) وفرانس هالس (الذي قام برسم لوحة The Laughing Cavalier في عام ١٦٢٤) والرسام الشاب رامبرانت (وقد قام برسم لوحة The Night Watch في عام ١٦٤٢). هذا، علاوةً على أن الرسام أنطوني فاندايك أصبح من رسامين البلاط الملكي، ولا سيما للملك تشارلز الأول، ملك إنجلترا في ذلك الوقت. وفي إيطاليا، كان كاريفاجو رائدًا لطراز جديد من الفن المسرحي. وبدأت فرنسا في الازدهار والارتقاء في مجال الرسم، وكان من أهم الرسامين في تلك الفترة: نيقولا بوسان الذي قام برسم لوحة The Rape of the Sabine Women في عام ١٦٣٧).

هذا، وقد ظل المسرح في حالته المزدهرة في ظل كُتّاب المسرح الإنجليز من أمثال وليم شكسبير (الذي قام بتأليف المسرحية الشهيرة Hamlet في عام ١٦٠٣ وThe Tempest في عام ١٦١١) وبن جونسون (الذي قام بتأليف مسرحية بعنوان Volpone في عام ١٦٠٥)، بالإضافة إلى الكاتب المسرحي الفرنسي بيير كورني (ومن أهم أعماله في عام ١٦٣٧ مسرحية Le Cid). ولقد تم عرض مسرحية Passion لأول مرة على خشبة المسرح في مدينة أوبرامارجو في ألمانيا عام ١٦٣٤. كما تم إصدار رواية Don Quixote للكاتب الأسباني مانويل سرفانتس لأول مرة في عام ١٦٠٥. بالإضافة إلى ذلك، قام الشاعر ورجل الدين الإنجليزي جون دون بإصدار عمله الشهير Of the Progress of the Soul في عام ١٦١٢.

في ميدان الفكر، قام المحامي الألماني هوجو جروشيس بتأليف كتاب On the Laws of War and Peace في عام ١٦٢٥. وبعد ذلك بفترة وجيزة، كان الفيلسوف السياسي الإنجليزي توماس هوبز مستغرقًا في التفكير في دفاعه عن الحكومة الاستبدادية حتى يقوم بنشر أفكاره الفلسفية في كتابه Leviathan.

البلاد التي تم اكتشافها في هذه الفترة

نشبت صراعات داخل وخارج الدول الأوروبية؛ الأمر الذي أدى إلى التأثير على التجارة والحياة في المجتمعات الجديدة في الغرب وفي الشرق الأقصى، وبعد ذلك في أفريقيا. ولقد تم اكتشاف كثير من البلاد الجديدة التي لم يكن لها أي وجود على الخريطة. ومن ناحية، عاد المكتشفون إلى أوطانهم وقد تعرفوا على أنواع جديدة وغير مألوفة بالنسبة لهم من النباتات، مثل: البطاطس والطماطم وحبوب القهوة والذرة والشاي والتبغ والشيكولاتة والمطاط. هذا، بالإضافة إلى اكتشافهم لبعض المعادن، مثل: الذهب والفضة ذوي الإنتاج الوفير. ومن ناحية أخرى، وفد هؤلاء المكتشفون وهم محملون ببعض الأمراض، كداء الزهري والجدري والأنفلونزا. ومن النتائج الأخرى للحضارة في تلك الفترة تجارة الرقيق.

هذا، ويعد الأسباني لويس دي توريس هو أول من اكتشف الجزء الجنوبي من غينيا الجديدة في عام ١٦٠٦. ولقد تم اكتشاف أراضي أخرى في هذه المنطقة بالصدفة بواسطة السفن التي كانت تقصد الشرق من أدنى أفريقيا متخذةً اتجاه الرياح وقد فقدت هذه السفن طريقها الأصلي نحو الشمال حيث جزر سبايس. وفي عام ١٦٤٢، قام الهولندي أبل تاسمان بتسمية نيوزيلندا نسبةً إلى وطنه ثم قام باكتشاف جزيرة تاسمانيا. وبعد ٣ سنوات، قام تاسمان باكتشاف الساحل الشمالي الغربي للقارة السادسة والتي تقوم بربط الاكتشافات التي توصل إليها البحّارة من البرتغال وهولندا.

في أقصى الشمال، قصد المكتشفون الطريق الشمالي الغربي من أجل الحصول على موارد الشرق؛ تجنبًا للانطلاق بسفنهم عبر البحار التي تسيطر عليها كل من أسبانيا والبرتغال. إذ لم يكن هناك ممر سهل خلال هذه البحار المملوءة بالثلج. ولقد استطاع الملاح الإنجليزي هنري هدسون عبور خليج هدسون (في كندا) ثم توفي بعد ذلك بفترة وجيزة. كذلك، وصل Henry Baffin حتى ١٣ درجة من القطب الشمالي في المنطقة الواقعة بين نيو فاوندلاند وجرينلاند. وكان هذا هو أبعد مكان في القطب الشمالي استطاع العلماء الوصول إليه على مدى ٢٠٠عام قادم.

عصر جاليليو

في أوائل القرن السابع عشر، تم حل المشكلة المثارة حول النظرية التقليدية للنظام الكوني وموقع كوكب الأرض فيه، تلك النظرية التي أيدتها كل من الحكمة القديمة وسلطة الكنيسة. فالمناطق الموجودة في هذا الكون أصبحت تتميز بالتغير المستمر وعدم الكمال على الرغم من الاعتقاد السابق بأنها خالدة وكاملة.

هذا، وقد كان العالم الإيطالي جاليليو من أبرز الشخصيات الموجودة في هذه الفترة؛ حيث كان له دور مؤثر للغاية في علمي الفيزياء والفلك. وقد أدى تحديه المستمر للنظريات التي قدمها أرسطو، وبالتالي للكنيسة، إلى انهياره حيث توفي وهو ينفذ الحكم المفروض عليه من قِبل محكمة التفتيش بأن يظل حبيس منزله. ولقد حقق بعض من تلاميذه - ومن أبرزهم العالم توريشيلي - العديد من الاكتشافات الرائعة. وبعدهم، لم يحقق العلم الإيطالي أي إنجازات لأكثر من قرن.

من ناحية أخرى، قام العالم الألماني جوهانس كبلر بتصحيح أفكار كوبرنيكس حول مدارات الكواكب. وقد اكتشف كبلر القوانين التي تحكم حركة الكواكب ودورانها. أما الاكتشافات التي توصل إليها العالم الهولندي يان فان هلمونت فقد أدت إلى تحويل علم الكيمياء القديمة إلى الكيمياء الحديثة. هذا، وقد انتقل علم التشريح إلى دراسة علم الفسيولوجيا (علم وظائف الأعضاء) حينما اكتشف العالم وليم هارفي حقيقة الدورة الدموية. وقد ركز العديد من الباحثين على دراسة الضوء: كيف نتمكن من رؤية الأشياء؟ ولماذا ينكسر الضوء؟ وما المقصود بسرعة الضوء؟ كما اكتشف بعض العلماء كل من العدسات المكبرة والمصغرة.

لم يكن كل العلماء العظماء في هذه الفترة يقومون بإجراء التجارب. وقد تناول بعض الفلاسفة، مثل: الفيلسوف الإنجليزي فرنسيس بيكون والفيلسوف الفرنسي رينيه ديكارت الموضوعات الخاصة بكيفية البحث والدراسة في مجال العلم ووصف الأشياء المتعلقة بالكون. وبالنسبة لكل من المثقفين والصحف العلمية، كان الفرنسي مارين ميرسين بمثابة المنهل الذي يستقون منه العلم في أوروبا.

هذا، وقد أصبحت الأسماء الفرنسية من الأسماء التي لمعت على الساحة العلمية. وفي هذا الشأن، لا نذكر فقط ديكارت وميرسين وإنما أيضًا ببير جاسندي. ويعد جاسندي هو أول من قام بإحياء وتقوية الاعتقاد اليوناني القديم الخاص بالذرات، الذي استند إليه الكثير من العلوم. وقد كان العلم في إنجلترا في تلك الفترة أقل ازدهارًا (هذا، باستثناء التأثير الذي أحدثته إسهامات العالم هارفي)، الذي كان في طليعة العلماء الذي ساهموا في الازدهار الكبير الذي حدث في النصف التالي من هذا القرن.

الأجرام السماوية المتغيرة

١٦٠٤

مع بداية القرن السابع عشر، أصبح علماء الفلك أكثر ميلاً وتفضيلاً للنظريات التي تقول إن الأجرام السماوية ليست خالدة وثابتة. وفي عام ١٥٧٢، تمكن العالم تيكو براهي من رؤية النجم الجديد (الذي نطلق عليه الآن النجم المتفجر فائق التوهج)، وقد سمي هذا النجم تيكو نسبةً إلى هذا العالم. وقد كان هذا النجم يماثل نجم كبلر الذي ظهر في كوكبة الثعبان الشمالية في عام ١٦٠٤. ولقد قام مساعد تيكو – العالم الألماني كبلر – برؤية هذا النجم عن كثب. ولقد كان هذا النجم منيرًا، بل وشديد التوهج في فترة النهار قبل أن يتلاشى على مدى الشهور التالية. لكن، لم يُلاحظ وجود أي اختلاف في موقع هذا النجم. ولذلك، فإنه يقع بعيدًا عن القمر في نطاق النجوم الثابتة. وعلى الرغم من أن هذين النجمين الجديدين كانا شديدي التوهج واللمعان لمدة ٣٠ عامًا، فإنه لم تتم رؤية أي من النجوم اللامعة خلال السنوات الأربعمائة التالية.

أكد عالم الفلك الألماني دافيد فابير حقيقة التغيير الذي يطرأ على الأجرام السماوية المختلفة. وكان هذا العالم قد تمكن من قبل من رؤية أحد النجوم في الكوكبة الجنوبية قيطس ولكن هذا النجم لم يظهر في منطقة معروفة وقد اختفى بعد ذلك عن الأنظار. وحينما تمكن فابير من رؤية هذا النجم للمرة الثانية في عام ١٦٠٩، أدرك أن هناك شيئًا جديدًا يحدث بين النجوم؛ فهناك تغيير مستمر يحدث وليس مجرد تغيير يحدث مرة واحدة فقط. وبعد ذلك، اكتشف علماء الفلك أن هذا النجم يظهر ويسطع تقريبًا مرة واحدة فقط في العام. ويسمى هذا النجم ميرا (ويعني أعجوبة قيطس). وعبر قرون من الزمان، لم يستطع أحد تفسير مسار هذا النجم وما يحدث له حتى بعد اكتشاف بعض النجوم المشابهة له.

في عام ١٦٦٧ ، اكتشف العالم الإيطالي جيمناريو مونتاناري نوعًا آخر من النجوم المتغيرة فقد لاحظ هذا العالم وجود نجم في الكوكبة الشمالية فرساوس – يعني في اللغة العربية الغول – يتسم بتغير ملحوظ للغاية في شدة لمعانه وسطوعه كل بضعة أيام. ولم تكن التغيرات التي تطرأ عليه مشابهة للتغيرات الكبيرة التي تحدث للنجم ميرا ، حيث ظل نجم الغول مرئيًا وساطعًا دائمًا. ولعل معظم الأسماء التي تطلق على هذا النجم في اللغات المتعددة والتي تعني الغول توضح أن سلوكه الذي لا يمكن تفسيره كان معروفًا لوقت طويل. هذا ، ولم يستطع علماء الفلك الأوروبيون – الذين شاهدوا هذا النجم -- التصريح بأن ما يحدث لهذا النوع من النجوم يدخل فيه بعض المعتقدات الخرافية خوفًا من تعارض ذلك مع العقيدة الأرثوذكسية التي تؤمن بأنه ليس هناك شيء تابع للأجرام السماوية يطرأ عليه أي تغيير.

نظرية الحركة عند جاليليو جاليلي

١٦٠٤

بدايةً من عام ١٥٩٢ ، كان جاليليو جاليلي أستاذًا في علم الرياضيات في جامعة باديو. وفي هذه الجامعة ، بدأ جاليليو جاليلي دراسة الحركة وقوانينها بدقة ؛ من ناحية ليدعم وجهة نظره وحججه المعارضة لنظريات أرسطو، ومن ناحية أخرى، لكي يقوم باكتشاف ما يحدث بالفعل في الحقيقة. ولقد اعتمد جاليليو جاليلي في نظرياته على التجارب الدقيقة. وقد ذكر لنا النتائج بالأرقام وليس مجرد كلمات. فقد كان يهتم كثيرًا بالكم مثلما يهتم بالكيف.

كان التفسير الأول الذي تطرق إليه جاليليو جاليلي فيما يتعلق بهذه المشكلة هو أن السرعة التي يقطعها جسم يسقط من مكان ما تعتمد على المسافة التي يبعدها هذا الجسم عن الأرض ومن المؤكد أنه كلما كانت المسافة أبعد، زادت سرعة هذا الجسم لكن، إذا تدبرنا الأمر قليلًا سنجد أن هذا ليس ما يحدث بالفعل. بدايةً، الجسم الذي يترك ليسقط، لا يتحرك على الإطلاق. حتى إذا سقط هذا الجسم لمسافة صغيرة قدرها دقيقة واحدة، فلا تكن لديه أية سرعة وبالتالي لن يسقط. وإذا بدأ في السقوط، فقد يسقط خلال أية مسافة في الوقت نفسه. لكن، من الواضح أن هذه النظرية كانت خاطئة.

أما التفسير الثاني، فهو أن السرعة التي يقطعها الجسم الذي يسقط تعتمد على الوقت الذي يستغرقه الجسم في أثناء السقوط. فكلما طالت المدة التي يسقط خلالها الجسم، زادت معدل

السرعة. إذا كان ذلك صحيحًا، فإن سرعة أي جسم يسقط من سكون قد تكون ضعف معدل السرعة حتى لحظة سقوطه. ويمكن الحصول على معدل السرعة عن طريق قسمة المسافة على الزمن.

في حوالي عام ١٦٠٤، بدأ جاليليو في إجراء سلسلة من التجارب المهمة لحسم هذا الأمر. فقد كان جاليليو يريد الحصول على دليل قاطع للعلاقة بين المسافة والزمن. والتحدي الحقيقي هو أن تقوم بتقليل سرعة السقوط بالنسبة للأجسام حتى يمكن قياس العناصر الأخرى (المسافة والزمن). إذ عادةً ما تسقط الأجسام بسرعة شديدة، لذلك قام جاليليو بوضع كرة على لوح خشبي منزلق بطول يقدر بحوالي ستة أمتار، معتقدًا بأن القواعد نفسها تنطبق على هذه الحالة إذا تم سقوط الجسم بالطريقة العادية. ولقياس الفاصل الزمني، قام جاليليو باستخدام ساعة مائية؛ حيث انساب الماء في إناء وبدأ تدفق الماء ينساب ويتوقف مع وقت الحركة نفسه. كان وزن الماء في الإناء متناسبًا مع الفاصل الزمني.

اكتسبت من خبرتي الطويلة بعض الأمور عن الإنسان؛ لا سيما فيما يتعلق بالأشياء التي تحتاج منه إلى بعض التفكير؛ ومنها أن القليل من الناس لديهم القدرة على فهم الآخرين. كما أنه كلما كانت معرفة الإنسان بالآخرين محدودة، زاد احتمال جداله لهم. على الجانب الآخر، لمعرفة وفهم العديد من الأشياء، فإن الإنسان يحتاج إلى شيء من الدقة في الحكم على الأشياء الجديدة.

جاليليو جاليلي

ببساطة، من المهم إيجاد القوانين الرياضية التي تحكم الحركة. بالنسبة للجسم الذي يقطع مسافة بمعدل ثابت، فإن الزيادة في السرعة ستكون متناسبة مع الزمن المقطوع. أما المسافة المقطوعة فتتناسب مع مربع الزمن. إذا قطعت كرة متدحرجة مسافة قدرها متر واحد في الثانية الأولى، فإنها بالتالي ستقطع مسافة قدرها أربعة أمتار في ثانيتين وتسعة أمتار في ثلاث ثوانٍ.

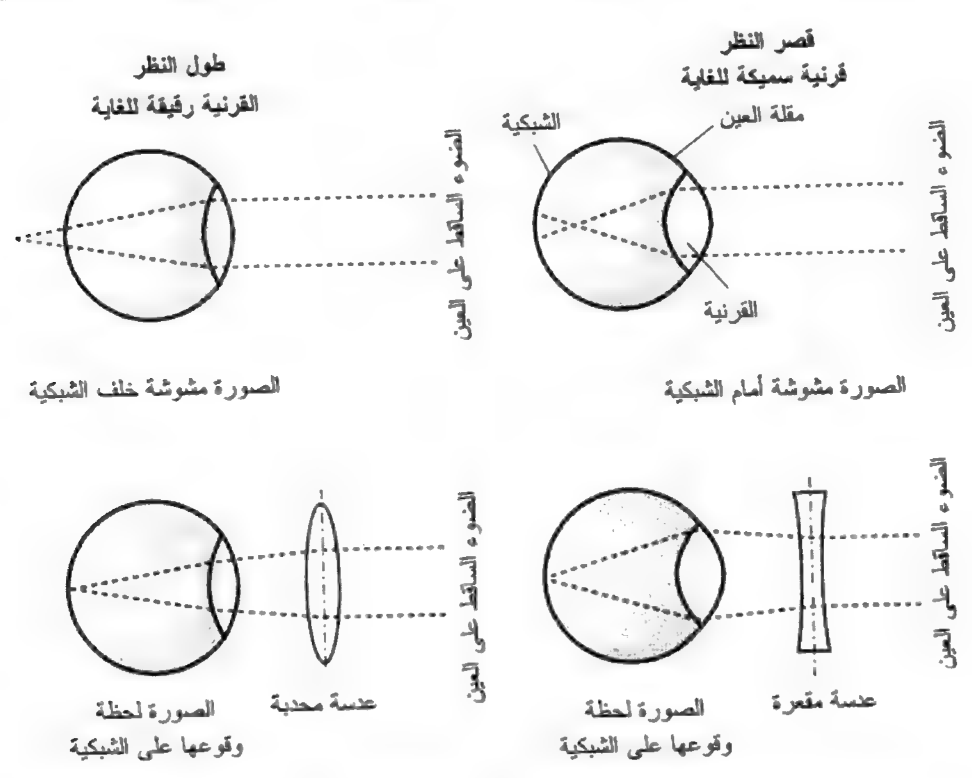
هناك المزيد من المعلومات فيما يتعلق بهذا الموضوع. فقد ذكر أرسطو على عكس الحركة الطبيعية (١٥٨٩)، فإن الحركة العنيفة تكون نتيجة لفعل ما – مثل الشد أو السحب. فإذ توقفت عن شد أو سحب جسم ما، فإن هذا قد يتسبب في إيقاف حركته. لكن، الأمر لم يكن كذلك بالنسبة لكل من جاليليو وعلماء آخرين قبله. فقد وجد جاليليو أن الكرة قد تستمر في التدحرج على لوح خشبي أفقي لحين إيقافها بطريقة متعمدة. وفي هذا الشأن، يرى جاليليو أنه ليس هناك سبب واضح لعدم استمرار تدحرج تلك الكرة للأبد، طالما أنه ليس هناك أي نوع من الاحتكاك.

من هذا المنطلق، استمد جاليليو قانونه المعروف باسم قانون القصور الذاتي. يعني هذا القانون أن كل الأجسام تقاوم أي تغير يطرأ على حركتها (السرعة و/أو الاتجاه) وتسمى هذه الخاصية بالقصور الذاتي؛ أي أن أي تغير يتطلب قوة دافعة. ولقد قام جاليليو بإصدار هذا القانون في عام ١٦٣٨ في نهاية حياته، حيث أصيب بالعمى وتم القبض عليه في عام ١٦٣٣. لكن، تناول كل من رينيه ديكارت في عام ١٦٤٤ وكريستيان هايجنز في عام ١٦٧٣ هذه الفكرة بمزيد من التوضيح. وبعد ٥٠ عامًا (١٦٨٦)، قام إسحاق نيوتن بتحويل قانون القصور الذاتي إلى قانونه الأول للحركة واعترف بفضل العالم جاليليو عليه. ←١٦١٠

تفسير جوهانس كبلر لعملية الرؤية

١٦٠٤

لتفسير ظاهرة الرؤية، اقترح القدماء أن شعاعًا من الضوء يخرج من العين ليسقط على العنصر المراد رؤيته. وتشبه هذه الظاهرة حاسة اللمس؛ حيث نشعر بالأشياء عندما نلمسها بأيدينا. وبمرور الوقت، قام عالم الرياضيات الألماني جوهانس كبلر بتوضيح أفكاره عن الضوء في عام ١٦٠٤. وقد مهدت تلك الفكرة القديمة الطريق لفكرة أفضل، وهي أننا نستطيع الرؤية لأن الضوء المنبعث من الأشياء يدخل العين فتتم الرؤية.



توضح الأشكال السابقة طريقة تفسير كبلر للعيوب الشائعة في الرؤية وكيف يمكن تحسينها باستخدام العدسات المناسبة في النظارات.

لكن، تُرى كيف تقوم العين بالرؤية؟ قام كبلر بدراسة العدسات وتوصل إلى أن العدسة المحدبة، وهي عدسة أكثر سمكًا في منتصفها مقارنةً بحوافها، تستطيع أن تعرض صورة مقلوبة على سطح أبيض. واعتقد كبلر أن النسيج الأمامي للعين ويُعرف بالقرنية يقوم بالوظيفة نفسها. لذلك، يجب أن تكون الصورة على الشبكية خلف العين مقلوبة أيضًا. وبطريقة ما تستطيع عقولنا أن تدرك مثل هذه الصورة؛ طالما أننا نرى العالم والأشياء مباشرةً وبصورتها الطبيعية. ولقد عارض البعض هذه الفكرة وقالوا إنه لا أساس لها من الصحة. لكن بعد سنوات، أثبت رينيه ديكارت صحة هذه الفكرة حينما قام بفحص عين ثور ميت وقام بنزع الشبكية حتى يستطيع رؤية الصورة المقلوبة التي عرضتها قرنية عينه.

نسب كبلر بطريقة صحيحة كلاً من قصر النظر وطول النظر إلى وجود شيء ما غير طبيعي في عدسة العين. وإذا كانت العدسة سميكة للغاية أو رقيقة للغاية في المنتصف. فإن الصورة تتركز بالتالي إما أمام أو خلف الشبكية وليس عليها. ولعل ذلك يفسر أمرًا معروفًا وشائعًا وهو أن العدسات ذات السمك المختلف تستخدم كنظارات من أجل تصحيح عيوب النظر. عندما لاحظ كبلر - كغيره من العلماء - أن الضوء يصبح خافتًا بشكل أكبر كلما كانت المسافة التي ينبعث خلالها من مصدره أبعد، فإنه ذهب إلى أن ذلك الأمر يرجع إلى قانون التربيع العكسي؛ وهو أن الضوء الذي يبعد بمقدار مترين عن المصباح ليس في نصف درجة وضوح الضوء الذي يبعد مسافة قدرها متر واحد، وإنما يمثل ربع درجة وضوح الضوء. هذا. وهناك ظواهر أخرى، مثل المغناطيسية والجذب الكهربي والجاذبية قد تخضع للقانون نفسه. ←(١٦٠٩)

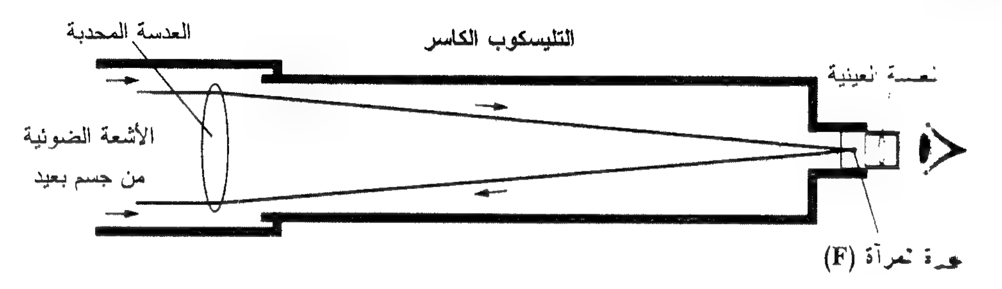
استخدامات التليسكوب والميكروسكوب

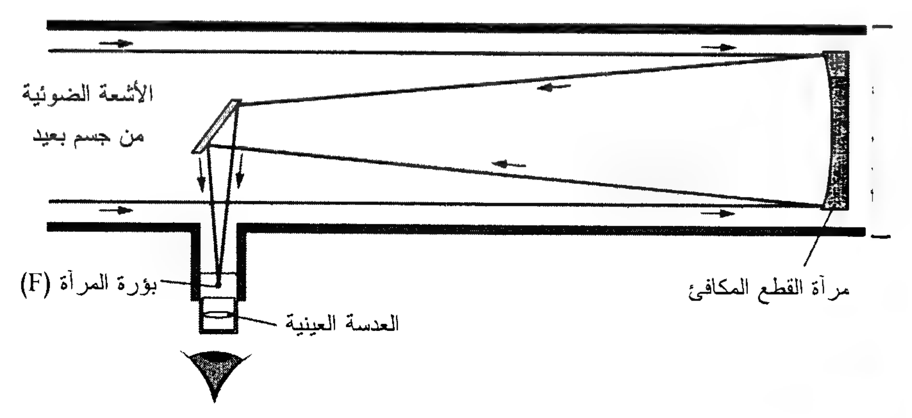
١٦٠٨

لم يعرف أحد من هو أول من اخترع التليسكوب. وعلى مدى قرون طويلة. أشار العديد من الكتاب (ومن بينهم دافنشي) إلى استخدام العدسات والمرايا لجعل الأجسام البعيدة أكبر وأقرب. لكن فيما يبدو أنه لم يتمكن أحد منهم من النجاح في اختراع مثل هذه الأجهزة.

في عام ١٦٠٨، تقدم العالم الهولندي هانز ليبرشي - الذي قام بصنع العدسات لاستخدامها في النظارات - للحصول على براءة الاختراع الخاصة بالتليسكوب، لكنه فشل في ذلك لأن العديد من العلماء قاموا باختراع الجهاز نفسه في الوقت نفسه. كان هذا التليسكوب البدائي يحتوي على عدستين مثبتتين في أنبوبة، إحداهما عدسة محدبة أو مجمعة توجد في الجزء العلوي من الأنبوبة تعمل على تقريب صورة الجسم البعيد، والأخرى عدسة مقعرة أو مفرقة وتقوم بتكبير الصورة وتتبعها.







تستقبل التليسكوبات أشعة ضوئية من الأجسام البعيدة. بعد ذلك، تتجمع هذه الأشعة في نقطة واحدة عن طريق العدسات المحدبة (في التليسكوبات الكاسرة) أو من خلال مرآة القطع المكافئ (في التليسكوبات العاكسة) لتكوين صورة واضحة عند النقطة (F). ويتم تكبير الصورة عن طريق العدسة العينية؛ حيث يسقط الضوء على عين القائم بعملية الرصد أو العدسة الخاصة به أو أية أداة أخرى تقوم بقياس الضوء. ولقد كان جاليليو هو أول من استخدم هذه التليسكوبات الكاسرة بشكل جدي في عام ١٦١٠. كما قام نيوتن باستخدام التليسكوبات العاكسة في عام ١٦٧٢، لكن ليس بالشكل الموضح سابقاً في الرسم.

قد شاع أنه قد تم اكتشاف حقيقة الجمع بين نوعي العدسات بمحض الصدفة. لكن، ؤكد أنها كانت فكرة رائعة. فخلال بضعة أشهر، وصلت أخبار هذا الاختراع للعالم يليو في إيطاليا، فقام بتوجيه "الأنبوبة البصرية" يدوية الصنع أو ما يسمى بالتليسكوب ستكشاف الأجرام السماوية في عام ١٦١٠. وكان لهذا الاختراع الفضل في فتح الباب على رعيه لقرن جديد من الاكتشافات الفلكية المدهشة.

تقريبًا في الوقت نفسه أو قبله بفترة، لاحظ أحد الأشخاص أن هذا الجمع بين العدسات قد يعمل على تكبير الأجسام الصغيرة للغاية. وقد قام العالم الهولندي هانز يانسين بالجمع بين هذه العدسات تقريبًا في عام ١٥٩٠، أما جاليليو فقد قام بذلك في عام ١٦٠٩ وأطلق على هذا الجهاز اسم occhiolino ويعني في اللغة الإيطالية (عين تستخدم لتكبير الأشياء الصغيرة للغاية). ولم تعرف كلمة ميكروسكوب إلا بعد عقود من اختراع التليسكوب.

قام الهولندي كورنليوس دريبل، المخترع الخاص بالبلاط الملكي، وخاصةً لملك إنجلترا جيمس الأول (الذي ذاع صيته باعتباره مخترع الغواصة الأولى) بعمل بعض التطورات في الميكروسكوب في العشرينيات من القرن السابع عشر. ولقد قام كل من جوهانس كبلر ودريبل باستخدام زوج من العدسات المحدبة بدلاً من استخدام عدسة محدبة وأخرى مقعرة في الميكروسكوب المركب الخاص به. ولقد كان هذا الميكروسكوب الأكثر قوة والأسهل في الاستخدام؛ حيث يستخدم من أجل تكبير الأجسام الصغيرة مثلما يستخدم التليسكوب لتقريب الأجرام السماوية البعيدة في الكون. وفي عام ١٦٦٥، تم إثبات صحة نظريات لم يكن أحد يتخيل سابقًا أنها ستحل مطلقًا.

إسهامات جوهانس كبلر في حركة الكواكب

١٦٠٩

إن فكرة رؤية الكون التي وضحها كوبرنيكس في عام **١٥٤٣** كانت فكرة ثورية بكل المقاييس، ولكنها وثيقة الصلة بفكرة قديمة. فبالنسبة للبعض كانت مدارات الكواكب لا تزال مدارات كاملة مثلما كان يرى بطليموس. لكنه في النموذج الذي قدمه للكون،لم يستطع التنبؤ بمواقع الكواكب في السماء مثل تيكو براهي الذي تمكن في عام **١٥٧٢** من تحديد مواقع الكواكب بدقة شديدة. ولقد استطاع العالم جوهانس كبلر، مساعد براهي، الذي أصبح في تلك الفترة عالم الرياضيات الخاص بالبلاط الملكي للإمبراطور رودلف الثاني الوصول إلى ذلك أيضًا.

عن طريق تحليل كم هائل من البيانات، تمكن كبلر من التعرف على التغيير الدقيق المطلوب في النظريات التي تم التوصل إليها من قبل. وهو أن هذه المدارات يجب أن تكون بيضاوية الشكل وليست دائرية. ولقد قام كبلر بوضع قانونين من قوانينه المتعلقة بحركة

الكواكب في عام ١٦٠٩ (في الوقت الذي قام فيه جاليليو لأول مرة بمشاهدة النجوم من خلال التليسكوب) كما في كتاب New Astronomy وقد قام بإضافة القانون الثالث في عام ١٦١٩.

يعد التنوع في ظواهر الطبيعة أمرًا مهمًا. كما أن الاكتشافات الكامنة في الكواكب كثيرة؛ وذلك تحديدًا لأن العقل البشري لا يعجز عن اكتشاف كل ما هو جديد.

جوهانس كبلر

قوانين حركة الكواكب عند كبلر

قانون المدارات البيضاوية للكواكب: تكون مدارات الكواكب على شكل بيضاوي حيث يقع مركز الشمس عند نقطة واحدة.

قانون المساحات المتساوية: ينص على أن هناك خطًا وهميًا يمتد من مركز الشمس إلى مركز الكوكب ويقطع هذا الخط مساحات متساوية في فترات زمنية متساوية.

قانون التناغم: ينص هذا القانون على أن معدل مربع الفترة الزمنية بين أي كوكبين يتساوى مع مكعب متوسط المسافة من الشمس.

وفقًا للقوانين التي وضعها كبلر، ستكون الكواكب التي تتحرك بدورها في مدارات بيضاوية أسرع حينما تصل إلى أقرب مكان إلى الشمس (نقطة الذنب، وهي أقرب نقطة في مدار أي كوكب إلى الشمس) وستكون أبطأ حينما تبعد عن الشمس (إن هذه السرعة المتغيرة تعد من الأشياء التي أثارت حيرة العلماء). يرتبط حجم المدار – باستخدام صيغة رياضية – بالزمن المستغرق للدوران حول المدار مرة واحدة. يستغرق كوكب المشترى ١٢سنة للوصول إلى مدار الأرض، ولذلك، يجب أن يبعد عنه مسافة أكثر من خمسة أضعاف هذه المدة؛ حيث إن الجذر التربيعي للعدد ١٢(وهو ١٤٤) أكبر قليلاً من مكعب العدد ٥ (وهو ١٢٥). يوضح

عامل الوقت أن قوانين كبلر لحركة الكواكب تنطبق أيضًا على حركات الأقمار المتعددة (التي تمت رؤيتها لمرة واحدة) وأيضًا على المذنبات التي يصعب التنبؤ بها.

لم يكن لدى كبلر أدنى فكرة عن سبب قيام الكواكب بذلك، ولكنه استطاع فقط ملاحظة ذلك. لكن، على مدى السبعين عامًا التالية، بدأ علماء الفلك في معرفة أن حركة الكواكب تخضع لتأثير جاذبية الشمس على الكواكب والتأثيرات الأخرى التي تقاوم هذه الجاذبية وقد استطاع الكثير من العلماء معرفة الإجابة عن الأسئلة التي طرحت بشأن ذلك، لكن كان العالم العبقري إسحاق نيوتن هو من قام بوضع جميع هذه القوانين وتفسيرها في عام ١٦٨٧.

هذا، وقد أطلق كبلر على كتابه الذي أصدره عام ١٦١٩ اسم The Harmony of the World وطوال حياته، كان كبلر منبهرًا بفكرة أن النماذج الموجودة في الكون، على سبيل المثال المسافات بين الكواكب. تتميز بنوع من التجانس مثل العلاقات بين الأنواع المختلفة للعناصر الصلبة؛ حيث إن كل عنصر من هذه العناصر يشتمل على جوانب متشابهة. ولقد حاول كبلر تأكيد هذه الفكرة، ولكنه لم يستطع أن يجعل هذه الفكرة تتناسب مع الواقع وفي النهاية، تخلى كبلر عن هذه الفكرة ولكن على مضض.

إسهامات جاليليو في علم الفلك

١٦١٠

لم يقم عالم الفيزياء الإيطالي جاليليو جاليلي باختراع التليسكوب. ولم يكن جاليليو حتى هو أول من نظر إلى السماء ليلاً باستخدام التليسكوب، وإنما كان هو أول من أخبر العالم بما شاهده في الفضاء. وبعد سماعه خبر اختراع أول تليسكوب في عام ١٦٠٨ في هولندا، قام جاليليو باختراع التليسكوب الخاص به. ولقد قام هذا التليسكوب بتقريب الأجرام السماوية البعيدة ثلاثين مرة أقرب وتكبيرها بحوالي ألف مرة مقارنةً بالحجم الحقيقي. فما دوّنه جاليليو في كتابه The Starry Messenger في عام ١٦١٠ كان مذهلاً؛ إذ كان ما قاله يتحدى كل الآراء المتفق عليها رسميًا فيما يتعلق بالكون والمكان الذي نعيش فيه على كوكب الأرض.

لقد كان جاليليو يرى أن القمر – على الرغم من التصور القديم بأن القمر جسم كامل وممهد – مغطى بسلاسل من الجبال وفوهات البراكين مثله مثل كوكب الأرض. ووراء نطاق القمر، استطاع التليسكوب رؤية العديد من النجوم التي لا تستطيع العين المجردة رؤيتها.

تحولت كوكبة الأخوات السبع النجمية في كوكبة الثريا إلى ٣٠ نجمًا. ولقد تحول مسار ضوء درب التبانة إلى نجوم لا حصر لها. وبشكل واضح، كان الكون شاسعًا.

كانت المفاجآت الحقيقية تكمن في رؤية القمر وكل ما له علاقة بالنجوم. فقد كان كوكب الزهرة، الذي كان يبدو للعين المجردة وكأنه نجم، على شكل قرص مرئي؛ كما أن له وجهًا مثل أوجه القمر. ولقد أوضحت أربع نقاط من الضوء أن كوكب المشترى البعيد له مجموعة من الأقمار والجسيمات التي لا تدور حول كوكب الأرض. وبالنسبة للعالم جاليليو، أكدت هذه الاكتشافات التصور الجديد للكون الذي وضعه العالم نيقولاوس كوبرنيكس في عام ١٥٤٣. وبذلك، فإنه دخل في صراع حتمي مع الكنيسة في عام ١٦٣٣.

بعد ذلك، أصبح علماء الفلك في كل أنحاء أوروبا يستخدمون التليسكوب. وبينما تم تطوير التليسكوبات وأصبحت أفضل حالاً، تم اكتشاف بعض أسرار الكون. فكانت الكواكب على شكل أقراص مع وجود بعض العلامات الخافتة عليها والتي تتحرك كلما تحركت الكواكب. وبشكل واضح، كان كل من هذه الكواكب يمثل عالمًا كالكوكب الذي نعيش عليه. هذا، وقد تم وصف السطح الوعر للقمر والعلامات التي توجد عليه بشكل خاطئ؛ حيث تمت تسميتها بأسماء البحار والمحيطات. هذا، ويتميز سطح الشمس بوجود بعض البقع (الكلف) الشمسية (١٦١١) ويتميز سطح كوكب المشترى بوجود بقعة حمراء كبيرة. أما كوكب زحل فقد كان له العديد من الأقمار والحلقات (والتي رآها جاليليو ولكنه لم يفسرها).

من بين الأعداد الكبيرة من النجوم، اكتشف علماء الفلك وجود العديد من البقع أو النقاط الضوئية الخافتة والتي يطلق عليها اسم سحب سديمية. وقد كانت هذه السحب السديمية في كوكبة آندروميدا — أو المرأة المسلسلة تلك الكوكبة التي عرفها علماء الفلك العرب – هي أول الأشياء التي تمت رؤيتها بالتليسكوب. وأدى هذا الأمر إلى حدوث ثورة هائلة في فهمنا للكون في عام ١٩٢٤. ← ١٦٣٣

اكتشاف الكلف الشمسية على سطح الشمس



كانت سنة ١٦١١ هي أولى السنوات التي تم فيها اكتشاف أن الشمس بها بعض الكلف. هذا، في الوقت الذي كان فيه الرأي الأرثوذكسي للكون يقر أن سطح الشمس – الذي يقع كما هو واضح وراء القمر – لا بد أن يكون

خالدًا وخاليًا من أي كلف، وأنه يتكون أيضًا من مجموعة من الجسيمات تختلف كثيرًا عن تلك الجسيمات القابلة لتحلل التي يتكون منها كوكب الأرض الذي نعيش عليه.

لذلك، كان من المذهل أن يتم اكتشاف أن السطح المضيء للشمس به بقع داكنة صغيرة وقد كان من السهل رؤية هذه البقع حينما ينعكس ضوء الشمس على أحد الجدران – وذلك باستخدام التليسكوب. هذا، وتعد معرفة أول من قام باكتشاف وجود هذه الكلف على سطح الشمس أمرًا مثيرًا للجدل والخلاف في أوروبا. وكان علماء الفلك الصينيون بالفعل على علم بهذه الكلف التي توجد على سطح الشمس. ومن العلماء الذين يُعتقد أنهم أول من اكتشفوا وجود هذه البقع على سطح الشمس: توماس هاريوت في إنجلترا والأب والابن دافيد وجوهان فابرسيوس في ألمانيا وكريستوف شاينر وجاليليو جاليلي في إيطاليا.

مما لا شك فيه أنه سرعان ما أصبح أمر الكلف الشمسية شائعًا. ففي خلال سنة، أصبح هذا الموضوع مادةً للرسائل والمقالات. ومن الأمور التي لاقت اهتمامًا خاصًا فيما يتعلق بالكلف الشمسية أنها تتميز بحركة ثابتة حول قرص الشمس. وهكذا، تم إثبات أن الشمس تدور حول محورها مرة واحدة في الشهر. وبدأ القائمون بعملية الرصد أيضًا حساب عدد الكلف التي يمكن رؤيتها في هذا الوقت. وخلال عقد أو ما شابه ذلك من الاكتشافات الأولى لهذه الكلف الشمسية، بدأ عدد هذه الكلف يتضاءل؛ لدرجة أنه يكاد يكون قد انعدم – على الرغم من عدم وجود الكثير من القائمين برصد تلك الكلف. وبين حوالي ١٦٤٠ و١٧٢٠ من الكلف الشمسية، كان من النادر أن تلمح أيًا منها على سطح الشمس.

هذا، علاوةً على أنه قد تم حساب عدد الكلف الموجودة على سطح الشمس من جديد في أوائل القرن الثامن عشر. ويبدو أن أعداد هذه الكلف تزداد كل ١١ سنة أو ما شابه ذلك. وهذا هو ما يمكن ملاحظته في البيانات الحديثة. وبحلول القرن التاسع عشر، تم التعرف جيدًا على دورة الكلف الشمسية، ولكن لم يتم التوصل إلى تفسيرٍ لوجود هذه الكلف.

اكتشاف وليم هارفي للدورة الدموية

١٦١٦

كان وليم هارفي طبيبًا بارعًا للغاية بكل المقاييس. فقد كان الطبيب الخاص لاثنين من الملوك الإنجليز، وهما جيمس الأول وتشارلز الأول؛ هذا إلى جانب كونه واحدًا من أبرز الأطباء في الكلية الملكية للأطباء. ولقد تزوج وليم هارفي من ابنة الطبيب الخاص بالملكة إليزابيث الأولى، ولذلك، كان لديه العديد من الوسائل لمتابعة بحثه.

من الجدير بالذكر أن هذا البحث كان يدور حول كيفية دوران الدم في كل أنحاء جسم الإنسان؛ وهو ما جعله يواجه العديد من المشاكل. وكانت الأفكار المقبولة عقلانيًا في هذه الفترة مصدرها الطبيب اليوناني جالينوس منذ ١٥٠٠ عام. وهي أن هناك نوعين من الدم يتدفقان في أعضاء مختلفة من الجسم؛ وهما الدم الأحمر الغامق الذي يتدفق في الأوردة والدم الأحمر الفاتح في الشرايين؛ أي الدم الوريدي في الكبد والدم الشرياني في القلب. ويتم استهلاك هذه الكمية من الدم، بمجرد انتقالها إلى أجزاء عديدة من الجسم.

أما هارفي فقد كانت له أفكار مختلفة تمامًا وقد استقى تلك الأفكار من دراسات الأطباء العرب، بالإضافة إلى طبيب القرن السادس عشر الأسباني مايكل سيرفيتوس والذي تم حرقه نتيجة لغطرسته وإلحاده. ومن منظوره، كان الدم يدور حول الجسم في حلقات دائرية كبيرة بواسطة القلب، الذي يعود إليه الدم مرة ثانيةً. كما تنقل إحدى هذه الحلقات الدم الأحمر الفاتح للعضلات والأعضاء فيصبح لونه بعد ذلك غامقًا. وتقوم حلقة أخرى بتمرير الدم الأحمر الغامق من خلال الرئتين اللتين تعيدان الدم للونه الأحمر الفاتح.

لقد قام هارفي بتوضيح هذه الآراء المتطرفة في عام ١٦١٦ ثم قام بنشرها في عام ١٦٢٨ في كتابه On the Motion of the Heart and Blood. ولم تكن هذه الآراء مقبولةً في أثناء حياته. ولقد نسبت كل الاكتشافات الطبية في هذا الشأن للعالم جالينوس. وكان على هارفي أن يواجه النقد اللاذع الموجه إليه. ولقد كان كل دفاعه متشابهًا وكان يستند إلى الأدلة نفسها ولكن لم تتناسب هذه الآراء مع الآراء القديمة.

بالفعل، واجه هارفي مشكلة وهي أن تصوره حول طريقة عمل الدورة الدموية لم يكن مكتملاً تمامًا. بوضوح، يتم تقسيم الشرايين ثم إعادة تقسيمها إلى أوعية دموية صغيرة جدًا. وتتجمع الأوردة الصغيرة مع بعضها البعض لتصبح أوعية دموية كبيرة. لم يستطع هارفي شرح كيفية مرور الدم من الشرايين الصغيرة للغاية إلى الأوردة شديدة الضيق والعكس، على الرغم من تأكده من حدوث ذلك.

هذا، وقد تم إثبات ذلك بعد سنوات. وباستخدام الميكروسكوب، رأى مارسيلو مالبيجي (١٦٦١) وآخرون أن الدم ينتقل خلال شبكة من الشعيرات الدموية الدقيقة في العضلات والرئتين لاستكمال دورة الدم. ولقد قام هارفي بعمل ملاحظات دقيقة للوصول إلى شرح ما يريده وما زلنا نقبل تلك الملاحظات حتى يومنا هذا.

إسهامات ويليبرور سنيل في الضوء

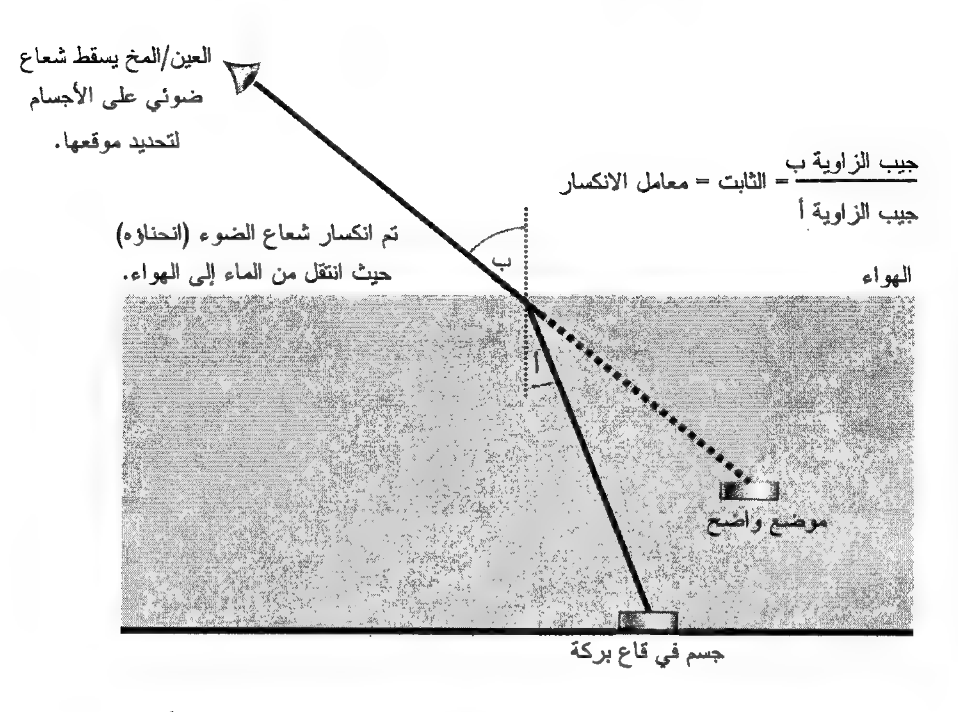
عام ١٦٢١

لا يسير الضوء دائمًا في خطوط مستقيمة، وإنما ينعكس شعاع من الضوء على الأسطح اللامعة وينحني (ينكسر) حينما ينتقل الضوء من وسط شفاف إلى وسط آخر؛ مثل انتقال الضوء من الماء إلى الهواء أو من الهواء إلى الزجاج. ويتسبب هذا الانكسار في جعل برك الماء تبدو أقل عمقًا مما هي عليه وجعل العصا الموجودة في الماء تبدو وكأنها مائلة أيضًا. ويوضح هذا الانكسار طريقة عمل العدسات والتي تستطيع أن تجمع شعاع الضوء في نقطة معينة أو أن تقوم بنشره.

هذا، وقد وضح ويليبرور سنيل – عالم الرياضيات الهولندي – كيفية انكسار الضوء في عام ١٦٢١. ويسمى هذا القانون عمومًا بقانون سنيل. ولكن توصل آخرون قبله إلى ذلك. ومنهم العالم الإنجليزي البارع توماس هاريوت في بداية عام ١٦٠١ وقد سبقه في ذلك ربما العديد من العلماء العرب. ولقد تفوق العالم الفرنسي رينيه ديكارت على كل من هاريوت وسنيل حيث قام بطباعة كتاب له عن هذا الموضوع في عام ١٦٣٧.

يربط قانون سنيل بين الزوايا الناتجة عن تلاقي شعاع الضوء مع الإطار بين وسطين (أو بمزيد من الدقة جيوب الزوايا) قبل وبعد مرور شعاع الضوء. كما أن الثابت – وينطبق الحال على أي من زوايا السقوط – يسمى معامل الانكسار كما أنه يعد خاصيةً للوسط.

السؤال الذي يطرح نفسه: لماذا ينكسر الضوء؟ تتضمن الإجابة عن هذا السؤال سرعة الضوء على الرغم من عدم التوصل إلى طريقة يتم من خلالها قياس سرعة الضوء في عصر سنيل. قد يسير الضوء بسرعة أكبر في الهواء مقارنةً بالزجاج ثم ينكسر بطريقة أو بأخرى حينما يتغير الوسط الذي يمر خلاله.



يبدأ انكسار الضوء من الجسم في قاع البركة؛ حيث يترك الشعاع الماء يخدع ويضلل كلاً من العين والمخ. وهذا يؤكد قاعدة أن الضوء يسير دائمًا في خطوط مستقيمة.

قانون سنيل

حينما ينكسر شعاع من الضوء في أثناء انتقاله من وسط إلى آخر، فإن مقدار جيب زاوية السقوط مقسومًا على جيب زاوية الانكسار هو ثابت يُعرف باسم معامل الانكسار.

تخيل وجود برميل من الزيت يتدحرج من تلٍّ، ستجد أن المنحدرات المختلفة ستجعله يزيد في سرعته أو يبطئ، وهكذا، سيتغير اتجاهه.

كان لعالم الرياضيات الفرنسي بيير دو فيرما (مؤلف كتاب Last Theorem الشهير) تفسير آخر أكثر تعمقًا فيما يتعلق بانكسار الضوء. فشعاع الضوء – كما ذكر فيرما – سيتبع

مسارًا يستغرق أقل زمن مهما كان نوع الوسط الذي يمر خلاله. إن وصف السرعات المختلفة للضوء والمسافات المقطوعة يوضح قانون سنيل. كما يفسر قانون فيرما أيضًا قانون الانكسار؛ إذ أن تساوي زاوية السقوط بزاوية الانكسار يجعل الضوء يتخذ أقصر الطرق، وبالتالي، يقطع أقصر مدة زمنية.

دور مارين ميرسين كحلقة وصل بين العلماء

١٦٢٣

لم يقم كل العلماء البارزين في مجال العلم في القرن السابع عشر بتأكيد وتدعيم إسهاماتهم عن طريق البحث. فلم يقم أي من رينيه ديكارت وفرنسيس بيكون و جون لوك بإجراء أية تجارب لإثبات ما يقولونه، ولكن أفكارهم وكتاباتهم عن أصول المعلومات والمعرفة وعن تنظيم الطبيعة وعن دور العلم كانت مؤثرة للغاية.

كان مارين ميرسين رجل دين فرنسي من عائلة فقيرة، ولكنه استطاع أن يصبح بمثابة المنهل العلمي لجميع العلماء في أوروبا. ولأكثر من ٢٥ عامًا منذ عام ١٦٢٣، استمر في مراسلة مجموعة من العلماء – الباحثين البارعين والمفكرين من جميع أنحاء القارة – وكذلك من شمال أفريقيا وإسطنبول.

هذا، وقد اجتمع كثير من هؤلاء العلماء في دير ميرسين في باريس. وكانت هذه الاجتماعات في إحدى غرف الدير، حيث التقى عدد هائل من العلماء مثل العالم الشاب بليز بسكال وديكارت. كما كان كل من بيير جاسندي وبيير دو فيرما و يان فان هلمونت من بين العلماء الذين يحضرون حلقات العلم التي يقيمها ميرسين. ولقد تراسل ميرسين مع جاليليو وتوريشيلي؛ بالإضافة إلى علماء آخرين. وفي يوم وفاته، تراسل ميرسين في حجرته في الدير مع حوالي ٧٨ عالمًا.

قام مارين ميرسين بإجراء العديد من الأبحاث المهمة للغاية. وكان يهتم بصفة خاصة بالأصوات الموسيقية. وعن طريق الملاحظة، ربط ميرسين بين عدد الاهتزازات الصوتية في الوتر (تردده) مع طبقة الصوت في النوتة الموسيقية التي يصدرها الوتر. وبمساعدة صديقه بيير جاسندي في عام ١٦٢٤، قام ميرسين بعمل أول قياس لسرعة الصوت ووضح أن سرعة الصوت ليست لها أية علاقة بالتردد. ولقد قام ميرسين بدراسة علم الرياضيات أيضًا؛

وخاصة الأعداد الأولية (وهي الأعداد التي تقبل القسمة فقط على نفسها وعلى الواحد الصحيح). إن الأعداد التي تأخذ الشكل (2n - 1)؛ حيث إن n عدد أولي، ما زالت تسمى بالأعداد الأولية التي تنسب للعالم ميرسين.

أما أكبر إسهاماته، فكان يتمثل في جعل كل الباحثين في يومه يتصلون ببعضهم البعض، مما كان لهذا الأثر في جعل أفكاره ترتبط بالعديد من الأفكار الأخرى. وفي فترة من الفترات في عام ١٦٦٢، أصبحت الجمعيات العلمية تأخذ على عاتقها مهمة القيام بهذا الدور. وقد اكتشف ميرسين أولى هذه الجمعيات العلمية. لذلك، كان يطلق عليه حلقة الوصل الكبرى بين العلماء.

إسهامات بيير جاسندي في إحياء علوم الذرة

١٦٢٤

تشبه السيرة الذاتية الخاصة بالعالم الفرنسي بيير جاسندي كثير من السير الذاتية الخاصة بالعلماء المعاصرين له. فكان جاسندي لامعًا في شبابه حيث اتجهت ميوله نحو علم الرياضيات. دخل جاسندي الكنيسة وقد تولى مناصب عليا بها. ولكن كان عليه أن يتخذ موقفًا تجاه الانقسام المتزايد بين مبادئ الكنيسة ونتائج العلم الأولية. فكانت إنجازاته متنوعة بدايةً من أول ملاحظة تخص مرور كوكب عطارد بسطح الشمس في عام ١٦٣١ إلى أفكاره الخاصة حول أصول الكائنات الحية والتي تشبه فكرة "البقاء للأفضل والأصلح" التي شرحها تشارلز داروين بعد قرنين كاملين (١٨٥٩).

كان جاسندي واحدًا من المعارضين لأفكار وأساليب أرسطو وقد قام بتأليف كتابه الأول عن هذا الأمر في عام ١٦٢٤. وبعد ذلك بألفي عام، أصبحت تصورات وآراء أرسطو وثيقة الصلة بمبادئ الكنيسة من خلال كتابات توماس أكويناس. ومن وجهة نظر أرسطو، كانت المعرفة يتم استنتاجها من الأفكار الأساسية التي يقبلها ويسلم بها الجميع. وكان جاسندي – كغيره من العلماء الأوائل – يحبذ فكرة الاستقراء، البحث عن الاتساق في الملاحظات الخاصة بالعالم الطبيعي، والذي من خلاله يتم استنتاج العديد من القواعد العامة أو القوانين.

قام جاسندي أيضًا بإحياء الفكرة اليونانية القديمة الخاصة بعلوم "الذرة" وهي عبارة عن جسيمات صغيرة جدًا لا حصر لها وغير قابلة للتفتيت تتحرك في الفضاء. ومن الجدير بالذكر أن الذرة هي وحدة بناء المادة وهي التي تفسر طريقة عمل المادة. ولقد رفض أرسطو

فلسفة الذرية – وهي فلسفة تقول إن الذرات والجزيئات الدقيقة والصغيرة تعتبر من مكونات الكون – معتقدًا أن المادة مستمرة وأن فكرة الفضاء فارغ فكرة مستحيلة. وكان الكاتب اليوناني أبيقور مؤيدًا لتلك الفلسفة، ولكنه كان ملحدًا في الوقت نفسه. ومع ذلك، كان شرح جاسندي للنظرية مقبولاً لأي رجل دين.

لكن، هناك المزيد من المعلومات فيما يتعلق بهذه النظرية. فقد اعتقد أرسطو أن خالق هذا الكون، لا بد أن يتدخل لإدارة هذا الكون والمحافظة على توازنه، ولكن يرى مؤيدو فلسفة الذرية من أمثال جاسندي أنه ببساطة شديدة منذ تكوين الذرات، وهي في حالة حركة مستمرة وأنها خالدة مثل الساعة التي يقوم صاحبها بتشغيلها باستمرار. وهذا هو أصل التصور الميكانيكي للطبيعة على أنها منتظمة وثابتة لا تتغير دون تدخل أحد. وكان هذا بمثابة نجاح حقيقي للتصور الذي وضعه العالم إسحاق نيوتن في عام ١٦٨٧ لنظام الكون وقد ظل هذا التصور بعيدًا عن التحدي والمنافسة لمدة ٣٠٠ عام حتى اكتشاف فيزياء الكم في القرن العشرين.

فلسفة فرنسيس بيكون الجديدة

١٦٢٦

في الواقع، لم يكن الفيلسوف الإنجليزي فرنسيس بيكون عالمًا بالمعنى المقصود من الكلمة. إذ لم يقم بإجراء سوى القليل من التجارب على الرغم من أن بعض القصص تؤكد أنه أصيب بقشعريرة مميتة في يوم بارد جدًا في عام ١٦٢٦حينما خرج بيكون من عربته لملاحظة تأثير ذلك على الدجاجة وإذا كان ستتم حمايتها من هذا البرد القارص حينما تحاط بالثلج. وقد كان بيكون محاميًا إلى جانب كونه موظفًا حكوميًا ودبلوماسيًا. كما كان على علاقة طيبة ووثيقة بالبلاط الملكي؛ حيث كان من المفضلين لدى الملكة بيس حينما كان صغيرًا، كما كان صديقًا لكل من والتر رالي وغيره من البلاط الملكي كما أنه شغل العديد من المناصب العليا ومن هذه المناصب قاضي القضاة في أيام حكم الملك جيمس الأول.

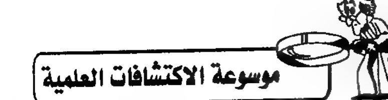
إنه من الرائع أن تلاحظ مدى قوة وفعالية ونتائج الاكتشافات. ولا يمكن أن تلمس ذلك بوضوح إلا في بعض الاكتشافات الميكانيكية مثل، الطباعة والبارود والقوة المغناطيسية. فقد غيرت مثل هذه الاكتشافات الثلاثة التصور العام للعالم بما في ذلك حالة الأشياء فيه. ويعني هذا أنه لم يكن لأية إمبراطورية أو طائفة أو نجم التأثير على حياة الإنسان أكثر من هذه الاكتشافات الميكانيكية.

فرنسيس بيكون

هذا، فضلاً عن أنه قد كانت للفيلسوف بيكون مكانته المعروفة في تاريخ العلم من خلال كتاباته. ففي حوالي عام ١٦٠٥، قام بيكون - على نحو فعال للغاية بتفسير الفلسفة الجديدة التي تقول إن المعرفة الموثوق فيها عن الأعمال المتعلقة بالعالم من حولنا مصدرها الأساسي الملاحظة الدقيقة والتجربة والفروض وليس أفواه الحكماء القدماء كما يقال. كما أن كل معرفة لها غرض معين. ولقد قال بيكون: "إن المعرفة هي القوة"؛ ويعني بالقوة "السيطرة على الطبيعة". ولكي نسيطر على الطبيعة، فإنها يجب أن تكون خاضعة لنا. بمعنى آخر، يجب أن نكون على دراية بكيفية سير الأمور في الطبيعة إذا حاولنا تشكيلها حسب رغباتنا ومتطلباتنا.

في كتاب بيكون المثالي الخيالي The New Atlantis - الذي صدر قبل وفاته - كانت تراود بيكون فكرة إنشاء معمل خاص بالأبحاث الحديثة؛ حيث تتم مناقشة المشكلات الخاصة بالعالم مع عرض الحلول الخاصة بها بالاستناد إلى التجربة والاكتشاف. وهنا، يستطيع العلماء الحكماء التجمع ليشارك بعضهم البعض الآراء حول الأفكار والنتائج التجريبية التي توصلوا إليها كما كان يحدث بعد حوالي ٤٠ عامًا من تأسيس الجمعية الملكية في عام **١٦٦٢** والتي تدين بالكثير لأفكار بيكون.

في عام ١٦٢٠، لاحظ بيكون مدى تناسب شكل ساحل أمريكا الجنوبية مع الساحل الغربي لأفريقيا. وقد أكد بيكون على أن مثل هذا الأمر لا بد أن له تفسيرًا. وبعد ثلاث مائة عام، استخدم ألفرد فاجنر هذا الدليل وأدلة أخرى ليؤكد ما يسمى بنظرية زحزحة القارات (١٩١٢).



الصراع بين جاليليو والكنيسة

١٦٣٣

إن الصراع بين الفيزيائي الإيطالي جاليليو جاليلي والكنيسة الكاثوليكية الرومانية هو إحدى القصص العظيمة في العلم القديم. وقد كان هذا الصراع حول التصور الجديد للكون الذي شرحه نيقولاوس كوبرنيكس في عام ١٥٤٣ أي قبل أن تبلغ مشاكل جاليليو ذروتها بتسعين عامًا في عام ١٦٣٣.

> **لا أعتقد أن خالق هذا الكون الذي وهب لنا نعم الإحساس والعقل والتفكير أمرنا بالامتناع عن استخدام مثل هذه النعم.**
>
> **جاليليو جاليلي**

في ذلك العام، أدانت محكمة التفتيش في الكنيسة جاليليو لأنه أيد كوبرنيكس في فكرته التي توضح أن الأرض تدور مرة واحدة يوميًا حول محورها وتدور في مدار سنوي حول الشمس. ولذلك، استشهدت الكنيسة برأي الكتاب المقدس وبآراء أرسطو وبطليموس والفطرة السليمة للتأكيد على الفكرة القائلة إن الأرض جسم ثابت موجود في مركز جميع الأشياء. كما أن جاليليو الذي أدين من قبل ومُنع من تدريس مثل هذه الهرطقة، حُكم عليه بالسجن في منزله حتى العقد الأخير من حياته. ولقد كان لهذا العقاب الذي تعرض له جاليليو تأثير على كل من ديكارت وتوريشيلي حيث ابتعدوا تمامًا عن أفكار كوبرنيكس وحتى عن علم الفلك.

مع هذا، أصر جاليليو على أفكاره لدرجة أنه أوشك أن يتخلى عن دينه. في حين أن الأمر لم يكن قويًا لهذا الحد بالنسبة لكوبرنيكس. ولم يستطع أحد إثبات أن الأرض تدور بالفعل. ولقد نسب جاليليو – قبل ذلك بعقود – حركة المد والجزر التي تحدث في المحيطات إلى حركة الأرض في أثناء دورانها. وهذه الحركة تشبه الماء الجاري في بركة مهتزة، لكن لم يكن هذا مقنعًا. كما أن أشكال كوكب الزهرة، التي تم التوصل إليها في عام ١٦١٠، لم تثبت أن ما يقوله كوبرنيكس صحيح؛ وإنما يُظهر كوكب الزهرة وجود كوكب الأرض في المنتصف. كذلك، أيد جاليليو الفكرة القائلة إن مدارات الكواكب دائرية الشكل، حتى وإن كان هذا الأمر سيجعل نموذج كوبرنيكس ليس صالحًا للتنبؤ بمكان الكواكب بدلاً

من كونها في النظام الشمسي. كان الكون بالنسبة للعالم كوبرنيكس يتسم بالبساطة الشديدة، لكن، هل يعد هذا سببًا كافيًا؟

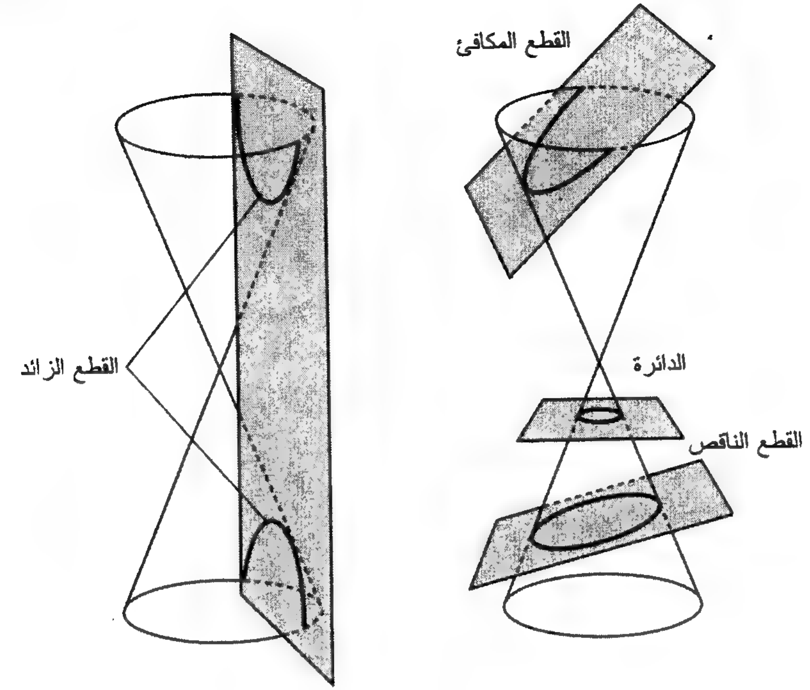
مما لا شك فيه أن التاريخ دافع عن جاليليو، لكن كانت قد مرت قرون على رجوع الكنيسة في قرار إدانتها له. ففي عام ١٦٨٧، وضع إسحاق نيوتن نظرية الجاذبية التي قامت بتفسير أفكار كوبرنيكس وحلت التعقيدات التي تتسم بها نظرية بطليموس. ويتضح أن نيوتن قد استقى الكثير من أفكار جاليليو؛ أحد العمالقة الذين درس نيوتن على أيديهم ← ١٦٣٨.

إسهامات جاليليو في مجالي قياس سرعة الضوء والقطع المكافئ

١٦٣٨

كان العالم الإيطالي جاليليو هو أول من حاول قياس سرعة الضوء. ولقد تنوعت الآراء حول سرعة الضوء. بالتأكيد، يسير الضوء بسرعة كبيرة جدًا. على سبيل المثال، يملأ ضوء المصباح الحجرة في الحال أو يبدو كذلك. ولقد اعتقد كل من كبلر وديكارت أن سرعة الضوء غير محدودة. لذلك، ينتقل الضوء من مكان إلى آخر على الفور. اعتقد آخرون – مثل الإنجليزي روجر بيكون في القرن الثالث عشر – أن سرعة الضوء محدودة وبالتالي قابلة للقياس، على الأقل من حيث المبدأ. ولكن لم يتوصل أحد إلى ذلك بالفعل.

كما ذكر روجر بيكون في كتابه Two New Sciences في عام ١٦٣٨، قام جاليليو بإعداد اثنين من القائمين بعملية الملاحظة للقيام بتجربة على تلال قريبة بحيث يحمل كل منهما مصباحًا. قام أحدهما بفتح المصباح وقام الآخر بملاحظة الضوء الصادر من هذا المصباح مع قيامه بنفس ما قام به الأول. لقد حاول الأول حساب الزمن الذي يقطعه الضوء بين فتح المصباح ورؤية الضوء المنبعث من المصباح الثاني. ولم تثبت نتائج هذه التجربة أي شيء فيما يتعلق بقياس الوقت الفعلي الخاص بردود أفعال كل منهما. ولم يتمكن أحد من قياس سرعة الضوء خلال حدود جو كوكب الأرض إلا بعد مرور مائتي عام (١٨٤٩). تعتمد القياسات الأولى الموثوق بها التي قام بها أوليه رومر في عام ١٦٧٦ على اتساع الفضاء الذي ينتقل الضوء خلاله.



القطع المخروطية عبارة عن مجموعة خاصة من الخطوط المنحنية التي تظهر حينما يقطع سطح مستوٍ مخروطًا ما إلى زوايا مختلفة. وتوجد هذه المنحنيات في الطبيعة. إن مدارات الكواكب التي تدور حول الشمس بيضاوية الشكل أو عبارة عن قطع ناقص (وتعد الدائرة حالة خاصة من القطع الناقص). كما أن الشيء الذي يُقذف من مكان ما والذي يخضع لتأثير الجاذبية يتبع القطع المكافئ.

هذا، فضلاً عن أن كتاب جاليليو الذي صدر في عام ١٦٣٨ زاخر بالأفكار المثيرة والعميقة. فعلى سبيل المثال، كان جاليليو قادرًا على إثبات الأفكار التي كانت تثير الشك لدى العلماء السابقين له (١٥٣٧)، ومن بينها، فكرة القذيفة مثل قذيفة المدفع التي تتحرك بحرية وسلاسة وتسير في طريق منحنٍ يعرف بالقطع المكافئ. هذا، وتتطلب قوانين جاليليو الخاصة بالحركة (١٦٠٤) أن يكون هذا المنحنى على هذا الشكل. والجدير بالذكر أن شكل هذا المنحنى معروف جدًا؛ فهو ذلك الشكل الذي يتكون حينما يتم قطع المخروط بطريقة معينة. أما الطرق الأخرى لقطع المخروط فتوضح قطع مخروطية أخرى تُعرف لدى اليونان القدماء باسم الدوائر والقطع الناقص والقطع الزائد. تدور كل هذه المنحنيات في كل مكان في الكون؛ وخاصةً في مسارات العناصر المتعددة مثل الكواكب والمذنبات حيث تتحرك هذه الأجسام في الفضاء تحت تأثير قوة جذب الشمس (١٦٠٩).

الفلسفة هي الكتاب العظيم المفتوح بين أيدينا ألا وهو الكون. والجدير بالذكر أن هذا الكتاب مكتوب باللغة الرياضية التي دون استخدامها يستحيل لأي إنسان أن يفهم ولو كلمة واحدة منه. ودون هذا الكتاب، يضل الإنسان طريقه وكأنه يسير في متاهة مظلمة.

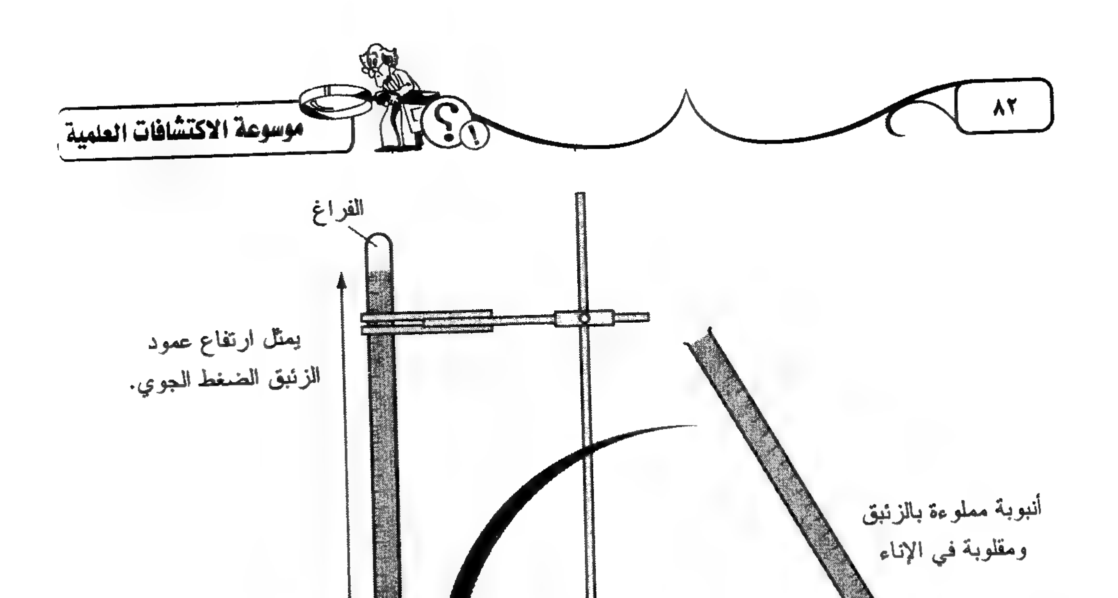
جاليليو جاليلي

إسهامات إيفانجيليستا توريشيلي في وزن الهواء

١٦٤٣

يعد توريشيلي واحدًا من العلماء الإيطاليين الذين تأثروا كثيرًا بأعمال وكتابات جاليليو جاليلي. وُلد توريشيلي في عام ١٦٠٨ وقد تدرب على يد معلمي الكنيسة الكاثوليكية وكان ماهرًا في علم الرياضيات. ولقد أصبح توريشيلي سكرتيرًا للعالم جاليليو في عام ١٦٤١، وبعدما أصبح جاليليو كبيرًا في السن وكفيفًا، حُكم عليه بالسجن في منزله بأمر من محكمة التفتيش الخاصة بالكنيسة (١٦٣٣)؛ ثم توفي في العام التالي من تولي توريشيلي منصب سكرتير له، أي عام ١٦٤٢. أما توريشيلي، فقد توفي إثر إصابته بحمى التيفود في عام ١٦٤٩.

من أعظم إسهامات توريشيلي في العلم اختراعه لمقياس الضغط (البارومتر) في عام ١٦٥٩. فقد وجد توريشيلي إجابة للأسئلة الكثيرة المثارة حول هذا الأمر؛ فكما يعرف أي مهندس، لا يمكن رفع الماء عن طريق المضخة الماصة لأكثر من ١٠ أمتار. فما السبب في ذلك؟ اعتقد جاليليو بأن هناك حدودًا لقوة الفراغ (الضغط الذي يسببه الفراغ)، ولكن كان لتوريشيلي آراء أخرى في هذا الشأن.



في تجربة توريشيلي البسيطة ولكنها في الوقت نفسه متعمقة، لا توضح الأنبوبة المملوءة بالزئبق والمقلوبة في الإناء فقط أن الهواء له وزن وضغط وإنما تمكن العلماء من قياس التغيرات الطفيفة التي تطرأ على الضغط الجوي مثل التغيرات المرتبطة بالظروف المناخية.

عندما قام توريشيلي بإجراء هذه التجربة للمرة الثانية في عام ١٦٤٣، فإنه قام بإحلال الماء مكان الزئبق – والتي تعد أثقل من الزئبق بمقدار أربع عشرة مرة. وبالتالي، فإن مقياسه هذا سيكون أكثر دقةً. وبمساعدة فيفياني – مؤيد آخر للعالم جاليليو، قام توريشيلي بقلب أنبوبة طويلة ومغلقة عند أحد طرفيها ومملوءة بالزئبق وموضوعة في إناء مملوء بالزئبق؛ ثم ثبتها في وضع قائم. نتيجة لذلك، انخفض منسوب الزئبق في الأنبوبة تاركًا فراغ في أعلى الأنبوبة. اعتقد توريشيلي بأن الفضاء لا يمكن أن يحتوي على أي هواء؛ ومن هنا كان فارغًا. ونجد أن هذا الاعتقاد يسلم به الكثير من العلماء.

لم ينفد كل الزئبق الموجود في الأنبوبة؛ حيث اعتقد توريشيلي أن باقي الزئبق يظل مكانه بفعل قوة متوازنة كما أن وزن الغلاف الجوي يضغط على الزئبق الموجود في الإناء. لذلك، فإن الهواء له وزن. وتعد هذه بمثابة مفاجأة أخرى لمؤيدي أرسطو ممن اعتقدوا أن وزن الهواء خفيف.

كان وزن الهواء يقدر بحوالي ٧٦٠ مليمتر بالنسبة للزئبق الموجود في الأنبوبة. إن ١٠ أمتار من الماء له الوزن نفسه الذي وضع مقياسًا للمضخة الماصة (التي تركت فراغًا مناسبًا للهواء). ولقد لاحظ توريشيلي وجود تغيرات طفيفة في منسوب الزئبق من وقت لآخر. لذلك، لم يكن ضغط الهواء ثابتًا تمامًا. وقد استطاع البعض معرفة السبب وراء ذلك (ومنهم هالي في عام ١٦٧٦).

دور يان فان هلمونت في الربط بين الكيمياء القديمة والحديثة

١٦٤٤ م

كان يان فان هلمونت آخر المشتغلين بعلوم الكيمياء القديمة وأول المشتغلين بالكيمياء الحديثة على الرغم من أن مصطلح الكيمياء الحديثة لم يكن موجودًا في أيامه. بالتأكيد، جمع هلمونت بين الكيمياء القديمة والحديثة. إن أفكاره المتعلقة بالأساليب والتطبيقات تربط العقل والفضاء بالمفاهيم الغامضة القديمة والاعتقاد بأنه من الممكن تحويل الزئبق إلى ذهب.

ينتمي هلمونت لأسرة أرستقراطية فلمنكية. ولقد اتجه لدراسة الطب رغبةً منه في تخفيف آلام الناس. وقد قام هلمونت بمعالجة المرضى بالمجان. ونظرًا لامتناع هلمونت عن أخذ نصيبه من ثروة العائلة، فإنه استطاع فقط إجراء أبحاثه الخاصة بزواجه من امرأة ثرية. وقد كان معمله مزودًا بفرن وأنابيب اختبار. وقد كان هذا المعمل مصدرًا لكل الأدوية التي وصفها للمرضى؛ تمامًا كما كان الحال بالنسبة لصديقه الحميم بارسيلسيوس على مدار قرن سابق (١٥٢٠).

بالإضافة إلى ذلك، قام هلمونت بجمع أدلة ضد المفهوم القديم للهواء بأنه عنصر. فهناك العديد من أشكال الهواء، وقد أطلق عليها اسم "الغازات" وهو مصطلح جديد وعام. ولقد قام هلمونت بتدوين ١٥ نوعًا من الغازات في قائمة. لكن، ما زال هذا المصطلح به بعض المعاني الغامضة. وقد اكتشف نوعًا من هذه الغازات ينتج عن حرق الخشب (وقد كان هذا الغاز في الغالب ثاني أكسيد الكربون). هذا، فضلاً عن أنه تعرف على أنواع أخرى من الغازات (التي أطلق عليها أسماء خاصة) مثل: كبريتيد الهيدروجين – أو الغاز الذي يشبه في رائحته البيض الفاسد – وكلوريد الهيدروجين (حامض الكلوردريك) وأكسيد النيتروجين.

من ناحية أخرى، كان هلمونت يعاني من مشاكل مع الكنيسة. فقد أدانت محكمة التفتيش الأسبانية معظم آراء ونظريات هلمونت ووصفتها بالهرطقة والتغطرس ولقد حبس في سجن الكنائسي لمدة معينة. ولقد اعترضت الكلية الطبية في مدينة ليفان على اتباع هلمونت لآراء بارسيلسيوس غير المتفق عليها في تلك الفترة. وقد شهدت تلك الفترة مولد أفكار جديدة.

في عام ١٦٤٤، قام هلمونت بإجراء تجربته الشهيرة؛ فقد قام بزراعة شجرة في إناء لم يضف إليه سوى الماء. وبعد ٥ أعوام، كان وزن الشجرة أكثر من ٥٠ كيلو جرام؛ بينما كان وزن التربة ثابتًا ولم يتغير. وقد ذكر هلمونت أن الماء فقط هو الذي ساعد الشجرة على النمو؛ حيث تحول الماء إلى خشب. وللحصول على تفسير أفضل لذلك، علينا الانتظار حوالي قرن تقريبًا (١٧٢٧).

الفيلسوف رينيه ديكارت والفلسفة الميكانيكية

١٦٤٤

ذاع صيت الفيلسوف الفرنسي رينيه ديكارت من خلال مقولته الشهيرة "أنا أفكر، إذًا أنا موجود". لقد قام ديكارت بإجراء القليل من التجارب واعتمد على نوعية الأفكار المتعددة للوصول إلى المعرفة. لذلك، لم يكن ديكارت عالمًا بالمعنى الحديث. ولكن جمعه في عام ١٦٣٧ بين الجبر والهندسة فيما يُعرف بالهندسة التحليلية أو الهندسة الإحداثية يعد بمثابة أداة قوية، لا سيما حينما يرتبط هذا النوع من الهندسة بعلمي التفاضل والتكامل اللذين سرعان ما تم ابتكارهما. إن مجموعات الأعداد التي يتم استخدامها لتحديد موقع نقطة في فضاء ثنائي أو ثلاثي البعد لا يزال يطلق عليها الإحداثيات الديكارتية.

كان ديكارت صاحب الفلسفة الجديدة التي تشبه الطبيعة بالآلة بدلاً من اعتبارها نظام يخضع لتأثيرات عشوائية. لقد سبق ديكارت العالم نيوتن بأربعين عامًا في محاولته لشرح مسار الكون على أساس علم الميكانيكا المفسر في علم الرياضيات.

قام نيوتن بنشر تصوره في عامي ١٦٨٦- ١٦٨٧ في عمله المعروف باسم Principia. وكان هذا بمثابة نجاح له وما زال تأثير هذا النجاح حتى يومنا هذا. وقام ديكارت بإصدار محاولته في عام ١٦٤٤. لكن، لم تستمر هذه المحاولة لمدة طويلة. وفي العالم الخاص به،

كان ديكارت يرى أن "المادة الدقيقة المحيرة" تملأ الفراغات الموجودة بين الأجسام العادية. إن الحركة الدائرية للكون كانت تحمل الكواكب والمذنبات في المدارات الخاصة بها حول الشمس؛ والأقمار المتعددة حول الكواكب.

كان هذا التصور واضحًا ومعروفًا لدى الجميع. إذ يستطيع الناس فهم فكرة الحركة الدائرية للكون؛ لأنهم بالفعل شاهدوا الدوامات المائية وهي تحمل وتجرف المخلفات الطافية على السطح من خلال حركتها الدائرية. على النقيض من ذلك، تعد الفكرة القائلة إن الجاذبية قد تسيطر على مسافات كبيرة من الفضاء الفارغ - الذي قام نيوتن بتفسيرها - فكرة غير منطقية ولا معنى لها.

لكن، تصوره السابق للكون لم يقدم الإجابة عن بعض الأسئلة المهمة. على سبيل المثال، لماذا لا تدور كل الكواكب حول الشمس بالطريقة نفسها؟ ولماذا لا يوازي مدار القمر مدار الأرض أو خط الاستواء؟ لذلك بعد حوالي قرن، فقدت فكرة ديكارت حول الحركات الدائرية أو المدارات متعتها وأهميتها. أما فكرته عن المادة الدقيقة أو المعروفة باسم "الأثير" استمرت حتى القرن التاسع عشر (١٨٨٧). كما أنه ذكر أن الطبيعة ما هي إلا آلة تعمل بنجاح.

> **لا يستطيع المرء فهم وإدراك أي شيء غريب للغاية أو لا يمكن تصديقه إذا لم يؤكده فيلسوف أو أكثر.**
>
> **رينيه ديكارت**

أهم إنجازات تكنولوجيا القرن السابع عشر

في القرن السابع عشر، قامت تكنولوجيا المعلومات بتطوير كل من التليسكوبات والميكروسكوبات ومقاييس الضغط الجوي (البارومتر) والترمومترات الحديثة والوسائل الرياضية المساعدة مثل اللوغاريتمات والمسطرة الحاسبة والآلات الحاسبة البدائية والساعات الدقيقة والمضخة الهوائية وأجهزة القياس الدقيقة، مثل القدمة ذات الورنية الميكرومتر. رغم ذلك، كان تأثير هذه الأدوات المتطورة لا يذكر على الحياة اليومية للإنسان. كما أن معظم جوانب الحياة الاجتماعية والصناعية لم تتأثر بهذه التكنولوجيا الحديثة. إذ ظلت الطرق التقليدية تستخدم في العديد من مجالات الحياة اليومية، مثل: صناعة الأغذية وإنشاء المباني وغزل النسيج ونسج القماش ووسائل النقل والاتصال وكيفية المحافظة على الصحة وعلاج الأمراض.

تعد مجتمعات المثقفين الجديدة مثل الجمعية الملكية في لندن صاحبة الفضل في تطوير الفنون والعلوم التطبيقية. ولقد كان معظم الباحثين في هذا الوقت مبدعين ومبتكرين، رغم أن أفكارهم لم تطبق على أرض الواقع ولم تخرج عن نطاق غرف الاجتماعات والمعامل. هذا، وغالبًا ما تكون التطورات التدريجية نتاج حسن بصيرة وخبرة العمال البارعين. على سبيل المثال، اكتشف عمال المناجم طرق أفضل لعمل الأسلاك والسلاسل، ولكن تم عمل أول مخرطة دقيقة للمعادن في نهاية القرن السابع عشر.

كانت هناك بعض الأدلة والإشارات التي مهدت للتطورات التي ستحدث فيما بعد. فقد تم اكتشاف كل من فحم الكوك والغاز القابل للاشتعال عن طريق تسخين فحم مسحوق في إناء مغلق، على الرغم من أنه لم يتم استخدام أي منهما في هذا الوقت. كما أن التجارب الخاصة بضغط الغازات مثل الهواء وبخار الماء ساعدت العالم الفرنسي دينيس بابن في صناعة وعاء محكم الغلق للغلي والذي يسمى الآن جهاز الطهي بالبخار. هذا، فضلاً عن أن هذه التجارب قد ساعدت العالم الإنجليزي توماس سافري في عمل المضخة البخارية الأولية لاستخراج الماء من المناجم. ومن الجدير بالذكر أن جهاز الطهي بالبخار يعمل من خلال رفع الضغط. أما المضخات فتعمل عن طريق خفض نسبة الضغط. ولقد استغرق الأمر من

الناس وقتًا حتى يدركوا حقيقة أن زيادة وتقليل الضغط قد تفيد في القيام ببعض الأعمال الميكانيكية المفيدة كما تم إثبات ذلك عن طريق المحرك البخاري في القرن القادم.

تدخل الأعمال الهندسية في إنشاء معظم المباني، على سبيل المثال، المباني التي تمت إعادة إنشائها بعد الحريق المدمر الذي حل بلندن في عام ١٦٦٦ أو مشروعات صرف الماء، مثل مجموعة القنوات التي حولت المستنقعات الإنجليزة إلى أراض جافة. ولأسباب واضحة، كان الهولنديون هم الخبراء هناك. بالإضافة إلى ذلك، قامت آلاتٍ أخرى بإمداد الماء في النافورات الموجودة في حدائق القصور العريقة مثل القصر الموجود في فرساي بالقرب من باريس.

بطبيعة الحال، كانت هناك العديد من الأفكار الجديدة في تلك الفترة؛ مثل استخدام ورق الحائط لأول مرة حوالي عام ١٦٤٥ والأقلام الحبر في عام ١٦٥٧ بدلاً من استخدام الريش كأقلام والبايات التي تستخدم لتسهيل قيادة السيارات في الطرق غير الممهدة في عام ١٦٦٣. هذا، بالإضافة إلى استخدام القنابل اليدوية كأسلحة في عام ١٦٦٧ والميكانيكا الحديثة المستخدمة في الساعات الكبيرة وساعات اليد في عام ١٦٧٠ وخراطيم الحريق المرنة التي سادت في سبعينيات هذا القرن. كما تم استخدام الزجاج الصواني الذي يعد أكثر صلابةً من زجاج الصودا التقليدي في عام ١٦٧٥ وعلب الثقاب الصغيرة التي تستخدم الفسفور المكتشف حديثًا في عام ١٦٨٠؛ علاوةً على التقنيات المستخدمة من أجل صناعة الزجاج اللوحي الممتاز في عام ١٦٨٨ والنسيج الجديد الذي يسمى كاليكو - قماش قطني أبيض - من الهند في عام ١٦٩٠.

رغم ذلك، كان إيقاع التغيير في التكنولوجيا بطيئًا مقارنةً بالقرون السابقة، وبالتقدم العلمي الهائل في ذلك الوقت. إن الثورة الصناعية كانت بمثابة الرباط القوي الذي يربط بين العلم وكيفية تطبيقه.

١٦٥١ - ١٧٠٠

أوضاع العالم في تلك الفترة

واصل لويس الرابع عشر ملك فرنسا في عام ١٦٦١ بحثه عن المجد القومي عن طريق خوضه حروب مستمرة مع جيرانه من أجل السلطة والاستيلاء على الأراضي، وكذلك من خلال الارتقاء بالفنون والعلوم. وفي إنجلترا، أعيد الحكم الملكي وانتعشت الحياة العامة، ولكن في نهاية القرن، تقلصت قوة الحكم الملكي تمامًا على عكس الحال في فرنسا.

كانت أسبانيا وفرنسا وهولندا وبلجيكا وبريطانيا، بالإضافة إلى بروسيا والدول الألمانية الأخرى تخوض باستمرار الحروب مع الدول الأخرى التي تسعى لكبح جماح فرنسا وطموحاتها. وعلى الحدود الأخرى من أوروبا، استمرت النمسا وروسيا وفينيسيا في التخلص من العثمانيين الأتراك الذين فشلوا في حصار فيينا في عام ١٦٨٣. لقد أصبحت أيام المجد العريق والتقدم العلمي والتكنولوجي في الأراضي الإسلامية الآن ماضيًا عفا عليه الدهر.

فنون وأفكار

قام لويس الرابع عشر بتصميم شكل القصور الجديدة الفخمة، مثل قصر فرساي الذي استغرق تشييده حوالي ١٠٠ عام. ولقد تم تخطيط الحدائق الخاصة بهذا القصر في عام ١٦٦٢. ولقد تم تصميم حجرة Hall of Mirrors في عام ١٦٧٨. وفي لندن، بدأ كريستوفر رن في إعادة بناء عشرات الكنائس بما في ذلك؛ كاتدرائية سانت بول والتي دمرها الحريق الذي نشب في عام ١٦٦٦. ولقد بدأ أسلوب جديد من المعمار والزخرفة في الانتشار من إيطاليا عبر جميع أنحاء أوروبا.

إن الشكل الموسيقي الجديد الذي يسمى بالأوبرا – والذي يعد الموسيقي الإيطالي كلوديو مونتيفيردي رائدًا له – استمر على يد الموسيقي الفرنسي جان لالي. وقد كان من رواد الفن والموسيقى الذين مهدوا الطريق أمام فن الباروكي الإنجليزي هنري بورسل (أوبرا

Dido and Aeneas) عام ١٦٨٨ والإيطالي أركانجلو كوريلي. وفي مدينة كريمونا الإيطالية، كان أنطونيو ستراديفاري ماهرًا في العزف على الكمان وعلى بعض الآلات الوترية الأخرى.

تعد المسرحيات الساخرة للكاتب المسرحي الفرنسي موليير أولى المسرحيات التي تم عرضها على المسرح الفرنسي (ومن تلك المسرحيات The Misanthrope في عام ١٦٦٧). وبإعادة فتح المسارح في لندن بعد عودة الملك تشارلز الثاني للعرش، ازداد عدد الكُتّاب المسرحيين. ولقد قام جون ملتون بإصدار ملحمته المعروفة باسم Paradise Lost في عام ١٦٦٧. كما بدأ صامويل بيبس كتابة يومياته الشهيرة في عام ١٦٦٩. ولقد عرضت مسرحية جون بنيان تحت عنوان A Pilgrim's Progress لأول مرة في عام ١٦٧٨.

عصر نيوتن

خلال فترة الخمسين عامًا، أصبحت الاكتشافات العلمية تسير بخطى سريعة بشكل ملحوظ للغاية. فلأول مرة، تم قياس سرعة الضوء وحجم النظام الشمسي. كما تم اكتشاف الأكسجين (على الرغم من أنه لم يكن قد أُطلق عليه الاسم الذي يطلق عليه الآن). وتمت ملاحظة الميكروبات في المياه والخلايا الحمراء في الدم. هذا، فضلاً عن أنه تم تقدير قوة الضغط الجوي وفهم طبيعة الألوان والمقصود بنظام طبقات الصخور. كما تم إعطاء الكيمياء هذا الاسم المعروف الآن. وقد تم أيضًا اكتشاف العنصر الكيميائي وإدراك أن النباتات تتنفس. كما تمكن العلماء من صناعة الساعات التي تعمل بدقة، إلى جانب اكتشاف أسرار حلقات كوكب زحل ومعرفة خصائص عنصر الفسفور. وفي تلك الفترة، كان الجدل لا يزال مستمرًا ومثارًا حول طبيعة الضوء (هل هو جسيمات أو موجات؟). كما كان الجدل لا يزال مثارًا حول وظيفة الحيوان المنوي (هل هي مجرد طفيليات من العضو الجنسي أو كائنات ضرورية لحدوث الحمل) وأهمية الحفريات (هل هي مجرد بقايا صخرية أو هياكل عظمية تذكرنا بالحياة الماضية؟).

بصفة عامة، ولد إسحاق نيوتن في عام ١٦٤٢ وهو العام الذي توفي فيه جاليليو. إن جمع نيوتن للقوانين الخاصة بكوكب الأرض والكواكب الأخرى في كتابه Principia هو الإنجاز

الرائع في مجال العلم في القرن السابع عشر أو ربما في أي قرن آخر. ولقد أحيط نيوتن بالعديد من العلماء الذين كانوا أقل موهبةً منه؛ ومنهم العلاّمة البارز روبرت هوك وكريستوفر رن و أدموند هالي - البارعين في علوم الفلك والفيزياء ومجالات أخرى ونهيمياه جرو وجون راي في علم الأحياء وجون مايو وروبرت بويل في علم الكيمياء. ولقد ازدهر العلم الإنجليزي بشكل كبير في منتصف هذا القرن. ولقد كان كل هؤلاء العلماء يتمتعون بمكانة مرموقة في الجمعية الملكية التي تم تأسيسها في عام ١٦٦٢.

علاوةً على ذلك، تأسست مجتمعات المثقفين والمراصد القومية، كما كانت المصالح الدولية في حالة جيدة وقوية. وكان مرصد باريس - الذي أنشأه أحد الإيطاليين - يجذب الشخصيات البارزة من هولندا والدانمارك. كما تم تطوير كيفية استخدام التليسكوبات والميكروسكوبات. وبالنسبة للتليسكوبات، كان كل من نيوتن وهالي ورن وجان كاسيني الفرنسي وكريستيان هايجنز الهولندي بارعين في استخدام التليسكوبات. في حين أن كلاً من هوك ويان سفامردام الهولندي وأنطوان فان لافنهوك والإيطالي مارسيلو مالبيجي ماهرون في استخدام الميكروسكوبات. ولقد قام الإنجليزي جون لوك بإنشاء قاعدة فلسفية لتدعيم الصرح العلمي الكبير.

إسهامات بليز بسكال في الرياضيات والفيزياء

١٦٥٣

كانت حياة عالم الرياضيات الفرنسي بليز بسكال قصيرة وكان يعاني خلالها من المرض. ولقد توفي بسكال عن عمر يناهز التاسعة والثلاثين فقط حينما أصيب بورم خبيث في معدته وانتشر في جسمه حتى وصل إلى المخ. ونتيجة لخبرات الحياة، كان بسكال متدينًا وقد انصرف عن عمله في مجال العلم للتركيز على الأمور الدينية. وفي كتابه المعروف باسم Pensées، الذي كتبه في نهاية حياته، ذكر بسكال أنه يجب على كل شخص الإيمان بخالق هذا الكون ومبدعه. فهذا هو السبيل الوحيد الذي لا تستطيع أن تفقد أي شيء وأنت تسلكه.

في أثناء تعمقه في الدين، قضى بسكال غالبية الوقت في دراسة علم الرياضيات لدراسة الاحتمالات وتمهيد الطريق أمام الآخرين لاكتشاف الكثير فيما يخص علمي التفاضل والتكامل. كما أنه اخترع آلة حاسبة تسمى Pascaline لمساعدة والده الذي كان محصلاً في الضرائب.

في علم الفيزياء، اقترن اسمه بمبدأ (أو قانون) بسكال الذي صدر في عام ١٦٥٣. وكان هذا القانون مهمًا في مجال "الهيدروستاتيكا" أو علم توازن السوائل وضغطها. عند وقوع الضغط على أي جزء من السائل، فإن الضغط سيتوزع في كل مكان خلال السائل. وهذا هو أساس ما يسمى بالمكبس الهيدروليكي. ويتساوى الضغط مع القوة التي تم تقسيمها على مناطق مختلفة. لذلك، فإن القوة البسيطة الواقعة على منطقة صغيرة أصبحت كبيرة حينما توزعت على سطح أكبر.

على الرغم من أن اهتمام بسكال بمجال الضغط لم يدم سوى بضعة أعوام، فإن اكتشافاته كانت مهمة. وفي ضوء نظريات توريشيلي (١٦٤٣)، فإنه اقتنع بضرورة وجود فراغ أعلى عمود الزئبق في البارومتر. وحيث إن الضغط الجوي ينخفض كلما ارتفعنا إلى أعلى – وهذه حقيقة أثبتها توريشيلي في عام ١٦٤٨ – حينما قام بحمل البارومتر على أعلى قمة تل – ففي أية نقطة أعلى رءوسنا سينخفض الضغط الجوي إلى صفر. ولذلك، يجب أن يكون هناك فراغ في الجو وتحديدًا في المنطقة الواقعة بين الشمس والكواكب الأخرى التي نطلق عليها الآن اسم "الفضاء". وقد كان هذا الموضوع مثيرًا للجدل والخلاف حينما اعتقد الكثير من العلماء مثل ديكارت وأرسطو أن الطبيعة ليس بها ما يسمى بالفراغ.

هذا، وتعد "بسكال" هي وحدة قياس الضغط الآن.

مبدأ بسكال

إن الضغط الواقع على أية نقطة (بما في ذلك على السطح) في السوائل أو الغازات يتوزع بشكل متساوٍ وفي كل الاتجاهات وينتقل إلى كل أجزاء السائل أو الغاز دون فقده.

وحدة قياس الضغط

تعتبر "بسكال" وحدة قياس الضغط. فالقوة التي مقدارها ١ نيوتن ويتم تطبيقها على مساحة مقدارها واحد متر مربع، ستنتج ضغطًا مقداره ١ بسكال. كما يبلغ الضغط الجوي على سطح الأرض حوالي ١٠٠٠٠٠ بسكال (١٠٠٠ هيكتوبسكال).

إسهامات كريستيان هايجنز في علم الفلك وصناعة الساعات

١٦٥٦

قضى عالم الرياضيات والفيزيائي كريستيان هايجنز معظم حياته العملية في فرنسا تحت رعاية الملك لويس الرابع عشر. وقد ساعد اتصال والده الدبلوماسي بعلماء الرياضيات والفلاسفة هايجنز الصغير ومهد له الطريق. كانت حياة هايجنز هادئة فلم يكن لكتاب السيرة الكثير من المعلومات لكتابتها إلا إنجازاته العظيمة في العلم.

كرجل يتمتع بالشخصية الاستقلالية، كان هايجنز حرًا في متابعة الكثير من الموضوعات الشيقة والمثيرة. وكان من ضمن هذه الموضوعات علم الفلك. وقد قام هايجنز بتطوير فن صناعة التليسكوب، كما قام بالعديد من الاكتشافات المهمة مثل اكتشافه للسديم العظيم في كوكبة الجبار والسمات السطحية لكوكب المريخ والقمر الرئيسي لكوكب زحل والطبيعة الحقيقية لحلقات كوكب زحل. لقد تم الاحتفال بذكرى اكتشاف هايجنز لأكبر أقمار كوكب زحل الذي يطلق عليه اسم تيتان بعد أكثر من ثلاثمائة عام من خلال مركبة الفضاء الاستكشافية التي هبطت لأول مرة على سطح كوكب زحل في عام ٢٠٠٥. بعد ذلك، أصبح هايجنز رائدًا في استخدام التليسكوبات الطويلة جدًا للتغلب على بعض عيوب عدسات التليسكوبات في ذلك الوقت. وقرب نهاية حياته، تمت صناعة تليسكوب وصل طوله إلى حوالي ٨٠ مترًا.

عندما أصبح علم الفلك أكثر دقةً وتعقيدًا، صار استخدام الساعات المتطورة والدقيقة أمرًا ضروريًا. وقبل قرن تقريبًا، اكتشف جاليليو (١٥٨١) أن الثقل المتأرجح يظل ثابتًا حتى إذا قل مقدار التأرجح. وفي حوالي عام ١٦٥٦، استخدم هايجنز هذه الحقيقة في صناعة أول ساعة مزودة ببندول.

على مدى الثلاثين عامًا التالية، استمر هايجنز في تحديث الساعات والبحث عن طريقة عمل مثل هذه الساعات. فلقد قام هايجنز بصناعة ساعات مزودة ببندول مركب وانتقل من صناعة البندول إلى فكرة توازن الزنبرك بحثًا عن ساعة يمكنه من خلالها ضبط الوقت وبالتالي قضاء وقت ممتع على متن السفينة الموجودة في البحر. ومن الجدير بالذكر أن مثل هذه الساعة البحرية يمكن أن تحل المشكلة المثارة حول خطوط الطول عن طريق الحفاظ على الوقت في ميناء

المغادرة والسماح بمقارنته بالتوقيت المحلي الذي تحدده الشمس. إن الحل النهائي لمثل ذلك التحدي تم التوصل إليه في قرن آخر وفي دولة أخرى في عام ١٧٦٥. ←١٦٩٠

أفكار أوتو فون جاريك حول القدرة الحصانية في مقابل الضغط الجوي

١٦٥٧

كان أوتو فون جاريك - كما يشير اسمه - ينتمي إلى النبلاء الألمانيين نتيجة ظروف مولده وما أحرزه من اكتشافات. وقد كان عمدة في موطنه مجدبورج لمدة ٣٠ عامًا حتى نهاية حياته. ولقد درس جاريك أيضًا القانون. كما كان دبلوماسيًا.

لكن كان لعمله الرائد في علم الفيزياء الفضل في الحفاظ على اسمه ومكانته حتى الآن. وفي الجامعة، كان جاريك يحضر محاضرات في علم الرياضيات والهندسة. ومنذ حوالي عام ١٦٥٠، أصبح جاريك مهتمًا بمجال الضغط الجوي، وكان ذلك ربما من خلال اطلاعه على كتابات إيفانجيليستا توريشيلي في عام ١٦٤٣ وبليز بسكال في عام ١٦٥٣. ولقد أوضح هؤلاء العلماء أن الهواء له وزن وقد يكون له قوى. ولقد قام جاريك باختراع مضخة على شكل مكبس تستطيع لأول مرة أن تستخلص كثير من الهواء من أي إناء مغلق. ثم سرعان ما اكتشف أن أي شكل آخر غير الكرة قد يخضع لتأثير الضغط الجوي غير المتوازن.

في تجربته الشهيرة "نصفي كرة مجد بورج" التي قام بإجرائها في عام ١٦٥٧، قرب جاريك كرتين من النحاس، قطر كل منهما ٣٠ سنتيمترًا، من بعضهما البعض. ثم قام بضخ الهواء للخارج لعمل فراغ جزئي داخل هاتين الكرتين. ولفصل أنصاف هاتين الكرتين عن بعضهما، فإن الأمر يحتاج إلى قوة قدرها ١٦ حصانًا في الكرتين. ويعد هذا تفسيرًا قويًا لضغط الهواء وحقيقة الفراغ. (يجعل اختلال توازن الضغط الجوي نفسه إناء المص يلتصق بجدار أو يجعل الدبوس البلاستيكي يلتف حول حافة إناء.) ذكر جاريك أن المضخة الهوائية هي أعظم اختراعاته.

هذا، فضلاً عن أن جاريك هو أول من لاحظ أن القيام بدق الجرس داخل إناء يؤدي إلى خفض صوته نظرًا لاستخلاص الهواء منه، ولكن التأثير الرائع لحجر المغناطيس والكهرباء (قطعة من الكهرمان تم حكها بقطعة من القماش) لم يكن ملحوظًا. فبشكل واضح، يكون

الصوت في حاجة إلى الهواء حتى ينتقل من مكان لآخر، أما الكهرباء والقوة المغناطيسية فلا يحتاجان إلى الهواء. ولقد لاحظ جاريك أيضًا أن الحيوانات تموت إذا ظلت وقتًا طويلاً في حجرة مفرغة من الهواء، كما أن اللهب يخمد دون وجود هواء.

هذا، وقد كانت ملاحظته لحقيقة أن ضغط الهواء قد يدفع المكبس الموجود في أسطوانة ما بشدة بطريقة ما إذا كان هناك ما يسمى بالفراغ الجزئي في الجانب الآخر من المكبس، واحدة من أهم الملاحظات من الناحية العملية. وكانت هذه هي الخطوة الأولى في الطريق الطويل نحو اختراع المحرك البخاري واندلاع الثورة الصناعية. ← ١٦٦٣

تجارب روبرت بويل عن الهواء

١٦٥٩

كان بويل أيرلندي المولد وينتمي لأسرة ثرية. ولقد تعلم بويل في جامعة إيتن. وكان بويل يقوم بتكريس معظم وقته وجهده لإجراء الأبحاث. فقد كان واحدًا من العقول العظيمة في وقته. ولبضع سنوات، عاش بويل في أكسفورد. وقد كان بويل رائدًا في الجمعية الملكية. كما كان يحضر المحاضرات، ولكنه ترك الجامعة دون أن يحصل على أية درجة علمية. وبالنسبة لآخر عشرين عامًا في حياته، عاش بويل مع أخته في لندن. ولقد توفي بويل دون أن يتزوج عن عمر يناهز الرابعة والستين. كما كان بويل متدينًا وورعًا. فقد عمل في مجالي الدين والعلم. وقد قام بويل بترجمة الكتاب المقدس على نفقته الخاصة وساهم ببعض المال لتمويل المحاضرات الخاصة بالعقيدة المسيحية في العهد الجديد للعلم. وبالنسبة له ولآخرين من معاصريه، لم يكن هناك صراع وخلاف بين العلم والعقيدة.

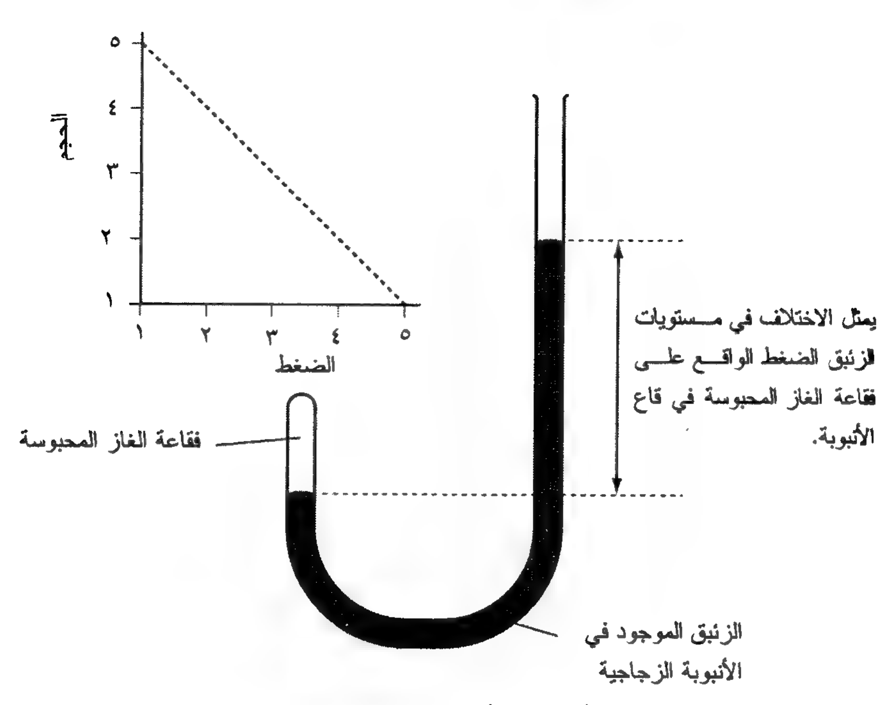
في عام ١٦٥٩، بينما كان بويل في أكسفورد، فإنه اطلع على العمل الذي أنجزه أوتو فون جاريك في عام ١٦٥٧ فيما يخص المضخة الهوائية والفراغ الجزئي. وصمم بويل على تكرار العمل نفسه باستخدام مضخة هوائية أكثر دقةً وأسهل في الاستخدام. وقد قام بعمل ذلك بمساعدة روبرت هوك (١٦٦٥) الذي أصبح مساعده فيما بعد. ولقد تم توصيل هذه المضخة الهوائية ببرطمان زجاجي كان على شكل جرس، وقد وُضع داخله العديد من الأشياء وقام بملاحظة ما يحدث داخله.

لاحظ بويل أنه حينما يخرج الهواء عن طريق الضخ، فإن صوت دقات الساعة داخل الجرس يتوقف تمامًا (على الرغم من أن الساعة لا تزال موجودة بالفعل). كما لاحظ أيضًا أن أية شمعة محترقة أو أية قطعة من الفحم المشتعل قد تنطفئ. كما أن الحيوانات الصغيرة مثل الطيور أو الفئران قد تجد صعوبة في التنفس ثم تموت. من هنا، توصل بويل – شأنه في ذلك شأن جاريك – إلى أن الصوت يحتاج إلى الهواء لينتقل من مكان لآخر. كما أضاف بويل أن الضوء لا يحتاج إلى الهواء حتى ينتقل. كما أنه لا يمكن لعمليتي التنفس في الحيوانات والاحتراق أن يستمرا دون وجود هواء.

قانون بويل (قانون ماريوت)

إذا تعرضت كمية معينة من الغاز لحرارة ثابتة، فإن حجمها سيكون متناسبًا بطريقة عكسية مع الضغط الواقع عليها.

كان بويل هو من أطلق اسم "البارومتر" على الأنبوبة المملوءة بالزئبق التي استخدمها توريشيلي في تجاربه. ومن خلال جهاز البارومتر، اتضح في عام **١٦٤٣** أن الهواء له وزن. وتعني كلمة "بارومتر" وسيلة لقياس الوزن. وفي عام ١٦٦٢، قام بويل بتفسير ما يسمى الآن بقانون بويل. وقد قام بويل أيضًا بعمل جهاز بسيط؛ وهو عبارة عن أنبوبة اختبار منحنية على شكل حرف J مع إحكام غلق طرفها السميك. وحينما قام بويل بسكب الزئبق في الطرف الطويل المفتوح من الأنبوبة التي على شكل الحرف J، تم حبس فقاعة صغيرة من الغاز في قاع هذه الأنبوبة. وكلما زادت كمية الزئبق التي يتم سكبها في الأنبوبة، تصبح هذه الفقاعة أصغر. إن الاختلاف بين مستويات الزئبق في طرفي الأنبوبة التي على شكل J يمثل الضغط الواقع على فقاعة الغاز. ولذلك، فإنه كلما زاد الضغط، قل الحجم. وهذا هو قانون بويل الذي يوضح العلاقة العكسية بين حجم الغاز والضغط الواقع عليه.



باستخدام هذا الجهاز البسيط، أثبت بويل أنه كلما زاد الضغط الواقع على فقاعة الغاز، قل حجمها بالنسبة نفسها. ويعد هذا أمرًا صحيحًا فقط إذا ظلت درجة الحرارة ثابتة.

على الرغم من أن بويل لم يجزم بالفعل بهذا الأمر (وإنما افترضه فقط)، فإن هذه العلاقة تتحقق فقط حينما تكون درجة الحرارة ثابتة. ومن الجدير بالذكر أن عالم الفيزياء الفرنسي ماريوت قد قام بإعادة اكتشاف هذه العلاقة بين الحجم والضغط بعد ٢٠ عامًا (وكنتيجة لذلك، كان هذا هو قانون ماريوت في أوروبا) والذي أوضح أن الحرارة يجب أن تكون ثابتة. إن العلاقة بين الحرارة والحجم والضغط قد تستغرق قرنًا آخر حتى يتم فهمها جيدًا (١٧٨٣).

هذا، وهناك سؤال آخر يطرح نفسه؛ ولماذا يتم ضغط الغازات بسهولة في المساحات الصغيرة في حين أن الأمر لا يكون كذلك في حالة كل من السوائل والأجسام الصلبة؟ لماذا تعد الغازات مرنة؟ ولقد استند بويل في إجابته عن هذا السؤال إلى النظرية الأكثر شيوعًا والقديمة التي قام العالم الفرنسي بيير جاسندي بإحيائها في عام ١٦٢٣؛ وهي أن كل المواد تتكون من جسيمات صغيرة للغاية (وقد أطلق عليها بويل اسم "جزيئات دقيقة"). وفي حالة الغاز، تكون هناك مسافة بين الجزيئات الدقيقة التي تصور بويل أنها ممتلئة بجسيمات

دقيقة للغاية كتلك الموجودة في لفة الصوف. ولذلك، قد تقترب الذرات من بعضها البعض وينضغط الغاز. أما في حالة السوائل والأجسام الصلبة، فإن الجسيمات تكون قريبة جدًا من بعضها ويكون من الصعب أو المستحيل حدوث أي ضغط آخر. وحينما تتخلص هذه الجسيمات من الضغط الواقع عليها، فإن الذرات تنفصل مرةً أخرى.

هنا، كان ذلك الأمر بمثابة تدعيم لفكرة أن "الذرات" الخاصة بالطبيعة تتعدى كونها مجرد فكرة مثيرة. فهي بالفعل توضح السبب في عمل المادة بهذا النحو ← ١٦٦١.

توصل جون راي إلى وجود الخالق من خلال الطبيعة

١٦٦٠

كان للإنجليزي جون راي دوره الرائد والبارز كعالم طبيعة في ذلك الوقت. ولمدة حوالي أربعين عامًا منذ عام ١٦٦٠، قام راي بإصدار دراسات منهجية تفصيلية حول النباتات والثدييات والأسماك والحشرات والتي قام بتجميعها على نطاق واسع في إنجلترا وأيضًا في أوروبا. ولقد اكتسب راي حبه للطبيعة من والدته التي كانت طبيبة تداوي بالأعشاب.

لقد كان لعمله البارز سمعة طيبة وتأثير قوي. وكان راي ضمن أعضاء الجمعية الملكية ولكن هدفه الرئيسي في الحياة كان تعظيم الخالق من خلال دراسة الخلق. ولقد رأى راي أن كل شيء في الطبيعة دليل واضح على قدرة الخالق وإبداعه وعظيم صنعه. ولقد وضح راي آراءه في عام ١٦٩١ في كتابه المعروف باسم The Wisdom of God Manifested in the Works of Nature.

سعى راي إلى عمل نظام لتصنيف النباتات والحيوانات ويعكس أيضًا وجود الخالق وعظيم صنعه. وللتغلب على مشكلة اللغة، اقترح راي استخدام اللغة اللاتينية. ولقد قام راي بتحديد الأنواع أكثر مما نقوم الآن. ولقد قام راي بتصنيف النباتات المزهرة إلى قسمين (نبات أحادي الفلقة ونبات ذو فلقتين)؛ وذلك حسب عدد الأوراق التي تنبثق (ورقة أو اثنتان) من البذرة النابتة. ويحتوي كتابه على وصف لـ ١٨٠٠٠ نوع من النباتات. هذا. وقد شجع عمله في مجال الطبيعة أجيالاً من علماء التصنيف من بينهم العلامة الكبير كارل لينين في عام ١٧٣٠.

في عهد راي، أثار علماء الطبيعة جدلاً حول موضوعات خاصة بالطبيعة وأصل الحفريات - التي كان يتم التنقيب عنها بشكل متزايد - وخاصة تلك الحفريات التي تشبه النباتات والحيوانات الحالية. ويرى الكثير من العلماء أن هذه الحفريات ما هي إلا أصل الكائنات الحية التي لن تعود للحياة مرة أخرى أو بقايا مخلوقات هلكت نتيجة الفيضان العظيم. ذهب راي إلى نفس ما ذهب إليه العالم نيقولاس ستينو في عام ١٦٦٧ حيث اعتقد أن مثل هذه الحفريات كانت في الأصل كائنات حية، ولكن لم تهلك جميعها نتيجة الفيضان. وشأنه شأن دافنشي في عام ١٥١٧، تساءل راي: لماذا جرف الفيضان هذه الحفريات تحت الأرض وليس بعيدًا عنها؟ ولماذا تم ترسيب هذه الحفريات في صورة طبقات وليس بشكل عشوائي؟

في نهاية حياته، كان راي يتساءل عما إذا كانت هذه الحفريات تمثل المخلوقات التي انقرضت على مدار السنين أو لا. ونجد أن هذه الفكرة تتحدى رؤية راي الخاصة بالخلق الكامل، ولكنها مهدت الطريق لأفكار جديدة عن عمر وتاريخ الأرض.

إتقان مارسيلو مالبيجي لاستخدام الميكروسكوبات

١٦٦١

لم يعمل أي شيء على التقدم بعلم الأحياء في القرن السابع عشر أكثر من الاستخدام المنهجي للميكروسكوبات التي تم اختراعها في بداية القرن لاكتشاف الكائنات المختلفة؛ الحية وغير الحية الدقيقة التي لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة. هذا، وقد كان العالم الإيطالي مارسيلو مالبيجي واحدًا من بين الممارسين البارزين لهذه الدراسة الجديدة، الذين كان من بينهم العالم الإنجليزي روبرت هوك في عام ١٦٦٥ والعالم الهولندي يان سفامردام في عام ١٦٧٠ إضافةً إلى العالم أنطوان فان لاڤنهوك في عام ١٦٧٣. ولقد ركز مالبيجي على دراسة الكائنات الحية وقام بعمل بعض الاكتشافات العظيمة.

هذا، فضلاً عن أن مالبيجي كان طبيبًا يسعى لأن يصبح طبيبًا خاصًا للبابا. وفي عام ١٦٦٩، أصبح مالبيجي عضوًا في الجمعية الملكية في لندن. وفي عام ١٦٦١، كشف الميكروسكوب الخاص به حقيقة أن الدم ينتقل عبر أوعية دموية صغيرة للغاية أو شعيرات

دموية من شأنها أن تربط الشرايين بالأوردة والعكس صحيح. ويعد هذا إثبات لصحة نظرية وليام هارفي في عام ١٦١٦ الخاصة بالدورة الدموية. وفي عام ١٦٦٦، رأى مالبيجي لأول مرة خلايا الدم الحمراء في الدم ونسب لون الدم لهذه الخلايا.

من الجدير بالذكر، أن كل الأنسجة الموجودة في جسم الإنسان قد خضعت لعملية فحص. وعندها، اكتشف مالبيجي البراعم الخاصة بحاسة الذوق والأنابيب الدقيقة الموجودة في الكلى والخلية التي تكون طبقات الجلد والبناء الخاص بالعصب البصري. وبشكل أساسي، أدرك أن هذه الأنسجة لها أبنية ترتبط بالوظيفة التي تقوم بها. حتى أن الأعضاء الكبيرة تتألف من غدد تقوم بدورها بإفراز سوائل. وهكذا، أصبح مالبيجي أول من يبحث في علم الأنسجة. وهكذا، تغير البحث الطبي بشكل كبير.

من الأعمال المهمة التي قام بها مالبيجي عمله المتعلق بجنين الدجاج موضحًا الأبنية الصغيرة التي أصبحت بعد ذلك تمثل جزءًا من القلب أو الجهاز العصبي. كما أن أبحاثه ودراساته التي أجراها على دودة القز ساعدت في تطور الصناعة. وتشمل هذه الأبحاث اكتشافه أن دودة القز ليس لها رئتان وإنما تتنفس من خلال الثقوب الموجودة على الجلد.

أما الفترة الأخيرة من حياة مالبيجي فقد كانت مضطربة. إذ وصف الكثير أفكاره الجديدة المتطرفة بالهرطقة؛ الأمر الذي أثار الجدل والخلاف والحقد والغموض وعدم فهم الكثير من الأمور. وفي عام ١٦٨٤، تم طرد مالبيجي من منزله ثم حرق وتم تدمير الميكروسكوب الخاص به وتقطيع أوراقه. ولقد قام البابا وغيره من أصحاب السلطة بإرجاع الثروة إلى مالبيجي واعتباره من أعظم الباحثين في هذا الوقت.

دور روبرت بويل في ابتكار اسم علم الكيمياء الحديثة

١٦٦١

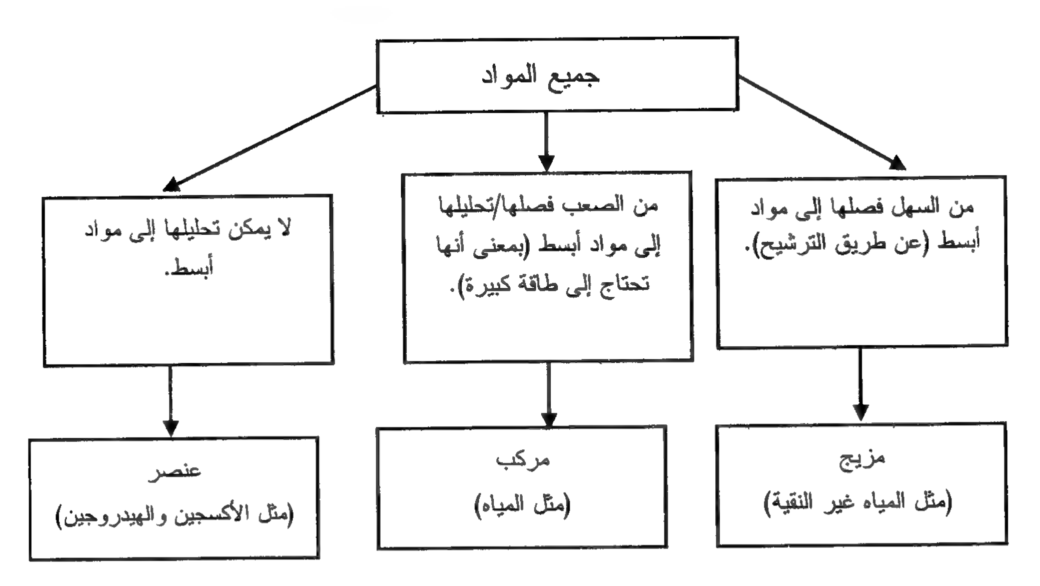
قام الباحث الأيرلندي الأرستقراطي المبدع روبرت بويل بتسمية كتابه الإبداعي الذي أصدره عام ١٦٦١ باسم The Sceptical Chymist. وعند قيامه بذلك، قام بويل بابتكار اسم جديد لمادته التي يبحث فيها وهي

علم الكيمياء بعد حذف أول مقطع من كلمة "الخيمياء" التي تعني علم الكيمياء القديمة. ولقد اعتمد بويل في أفكاره على التجربة والملاحظة؛ بدلاً من المنطق والحدس. وبحذر شديد، قام بويل بوزن المواد التي تدخل في التفاعلات. وقد أوضح، على سبيل المثال، أن المواد يزيد وزنها حينما تتعرض للتسخين. ولقد اكتشف بويل أن المستحضرات النباتية؛ مثل الشراب المستخلص من زهور البنفسج يتغير لونها في الأحماض عن القلويات (أول استخدام للمؤشرات).

مثل العديد من الباحثين، اعتقد بويل أن المادة تتكون من جزيئات، أي ذرات على الرغم من شكه في إمكانية رؤية مثل هذه الجزيئات الصغيرة جدًا في الطبيعة. وفي تصوره، يرى بويل أن المواد المختلفة تحتوي على مجموعات مختلفة من الجزيئات؛ ونتيجة لإعادة تنظيم هذه المجموعات من الجزيئات تحدث التفاعلات الكيميائية. هذا، وتعكس خصائص هذه المواد خصائص الذرات. على سبيل المثال، إن الأحماض لها مذاق لاذع وتحرق الجلد لأن الجزيئات الخاصة بها لها خصائص حرق الجلد وثقبه.

أعلن بويل بأنه كان يتبع "مذهب الشك" في رفضه لقبول الأفكار القديمة دون تفكير، على سبيل المثال؛ مبدأ العناصر الأربعة. فإذا قام أحد العلماء بوصف أية مادة على أنها أحد العناصر الأربعة، فإن ذلك العالم يجب أن يثبت أن هذه المادة لا يمكن أن تنقسم إلى جزيئات أصغر. ولأول مرة، حدد بويل العناصر الأربعة بشكل عملي وليس بشكل فلسفي.

اعتقد بويل أن بعض المواد قد تكون مزيجاً من عناصر يمكن فصلها بسهولة. على سبيل المثال، يمكن فصل جزيئات التراب من المياه غير النقية وبالتالي تصبح المياه صافية. أما البعض الآخر من المواد فقد يتكون من مركبات؛ أي عنصرين أو أكثر تم مزجهما، ولكن يمكن فصلهما بشكل أكثر صعوبة. هذا، ويمكن وصف هذه المواد والمركبات بأنها "مواد نقية"؛ على العكس من المواد المزوجة، فقد تحتوي هذه المواد على كل من العناصر والمركبات.



يوضح هذا الجدول التصنيف الكيميائي للمادة كما شرحه روبرت بويل. وفي هذا الوقت، لم يكن بويل يعرف أن الأكسجين والهيدروجين ضمن العناصر الأربعة.

إن الفصل الأول للمواد إلى عناصر ومزيج ومركبات كان بمثابة خطوة حاسمة نحو التقدم في علم الكيمياء. وعلى الرغم من أن هذه الفكرة قد استغرقت بعض الوقت حتى تم قبولها، فإنه بنهاية القرن، تمت معرفة عدد من المواد التي ينطبق عليها التعريف الذي وضعه؛ ومن هذه المواد المعادن المعروفة مثل: الذهب والفضة والنحاس والقصدير والحديد والرصاص والزئبق، بالإضافة إلى المعادن التي تم اكتشافها حديثًا مثل الزرنيخ والأنتيمون إلى جانب بعض العناصر اللافلزية مثل الكربون والكبريت والفسفور.

هذا، وقد كان الفسفور من العناصر التي تم اكتشافها حديثًا في عصر بويل. وفي عام ١٦٥٦، كان الكيميائي الألماني هنيش براند يسعى إلى التوصل إلى طريقة يمكنه من خلالها صناعة الذهب من الفضة كما فعل غيره من المشتغلين بالكيمياء القديمة. ولقد قام بويل بتقطير كل المواد وعلى رأسها بول الإنسان حتى تبقت لديه مادة بيضاء من شأنها أن تتوهج في الظلام وتشتعل في لمعان. وقد أطلق بويل على هذه المادة اسم فسفور وتعني "حامل الضوء". ولقد احتفظ براند بسرية هذا الأمر ربما أملاً في النفع من الطاقات المتعددة للفسفور. نتيجة لذلك، كان بويل هو من قام باكتشاف الفسفور للمرة الثانية في عام ١٦٨٠. ولقد ذكر بويل للعالم أنه عالم كيميائي حديث وليس مشتغلاً بالكيمياء القديمة.

من المثير للدهشة، أن بويل نفسه لا يستطيع أن يجزم بالمواد التي تدخل ضمن العناصر أو حتى بعددها. ولقد اعتقد بويل على نحو خاطئ - على سبيل المثال - أن المعادن ليست من العناصر ويمكن أن يتحول المعدن إلى آخر (مثل تحول الرصاص إلى ذهب مثلاً). وحتى في أفكار بويل التي ينتابها الشك، فهناك بضعة تلميحات وتأثيرات خاصة بالكيمياء القديمة.

ازدهار مجتمعات المثقفين

١٦٦٢

مع تطور العلم الحديث، شعر المارسون (الذين لم يُطلق عليهم علماء بعد لمدة ٢٠٠ سنة أخرى) بالحاجة الماسة لأن يتحدوا من أجل تبادل الأفكار ومعرفة اكتشافات بعضهم البعض. إن أقدم المؤسسات التي ظلت لوقتنا الحالي هي الجمعية الملكية في لندن في عصر الملك تشارلز الثاني في عام ١٦٦٢.

لم تكن هذه الجمعية هي الأولى من نوعها؛ وإنما ينسب شرف هذا الأمر إلى أكاديمية لينسيان التي تم إنشاؤها في إيطاليا في عام ١٦٥٧. وقد كان جاليليو عضوًا في هذه الأكاديمية. ولقد قام تلميذه - فيفياني - بإنشاء الأكاديمية دي سيمنتو في مدينة فلورنسا في عام ١٦٥٧. وفي إنجلترا، ظل العلماء يجتمعون لبعض السنوات - في الغالب سرًا - في أثناء الحرب الأهلية الإنجليزية. ولعل فكرة تأسيس مجتمع للمثقفين تعود للعديد من العقود إلى أفكار فرنسيس بيكون في عام ١٦٢٦ التي تتعلق بكيفية تنظيم البحث العلمي من أجل إصلاح المجتمع.

إن تأسيس الجمعية الملكية جعل العلم في مكانة متميزة، كما جعل العلم والعلماء يواكبان الاتجاه السائد للحياة الاجتماعية والسياسية في ذلك الوقت. وعلى مدى القرن القادم، قامت مجموعات متشابهة من العلماء بالاجتماع في عواصم أخرى عظيمة، مثل: باريس في عام ١٦٦٦ ونابولي في عام ١٦٩٥ وبرلين في عام ١٧٠٠ ومدينة سان بيترسبورج في عام ١٧٢٤ وفيلادلفيا في عام ١٧٦٩. كما أن الأكاديميات الموجودة في فرنسا وألمانيا وروسيا كانت صغيرة. وفي هذه الأكاديميات، كان الملك يتولى الإنفاق على فئة مختارة من العلماء؛ إلى جانب اعتمادهم أيضًا على رعاية العائلة الملكية لهم.

إن هدف الجمعية الملكية هو تحسين المعرفة المتعلقة بأمور الطبيعة وكل الفنون المفيدة والصناعات والأساليب الميكانيكية والمحركات والاختراعات التي تم التوصل إليها عن طريق التجربة (دون تدخل الخالق وعلوم ما وراء الطبيعة وعلوم الأخلاق والسياسة والقواعد والبلاغة والمنطق). وتهدف هذه الجمعية أيضًا إلى زيادة تعظيم الخالق ورفع شأن الملك وفائدة مملكته والطبيعة الخيرة للإنسان.

روبرت هوك

على الجانب الآخر، نجد أن أي شخص لديه المؤهلات السليمة يمكنه أن يرشح نفسه ليصبح عضوًا في الجمعية الملكية. ولقد تم ترشيح المئات من الأشخاص حينما كانوا في العشرين من عمرهم؛ بما في ذلك الباحثين من البلاد الأخرى البعيدة. أما أبناء الطبقة المتوسطة، فقد كانت لهم طريقتهم الخاصة في الترشيح.

في اللقاءات والاجتماعات الخاصة بالجمعية، كان يتم الاطلاع على أحدث الاكتشافات والأفكار التي تم التوصل إليها؛ ثم يتم بعد ذلك إصدارها في الجريدة التابعة للجمعية والتي كان يطلق عليها اسم Philosophical Transactions. وبطبيعة الحال، كان أول هذه الإصدارات وثيق الصلة بالعلم. وقد أدت هذه الجريدة إلى زيادة سرعة انتشار المعرفة الجديدة، والتي كانت تعتمد سابقًا على شكل الكتب؛ وذلك في الغالب بعد سنوات من ظهور الاكتشافات أو عن طريق إرسال خطابات وتبادلها بطريقة غير رسمية.

منذ البداية، أبرزت الجمعية الملكية دور كل العلماء العظماء وحتى بعض من العلماء الأقل في المكانة في تلك الفترة. بالفعل كان روبرت هوك وكريستوفر رن وروبرت بويل وجون فلامستيد وجون راي ونهيمياه جرو وأدموند هالي من العلماء البارزين في ذلك الوقت. كما أبرزت دور صامويل بيبس الذي لم يكن من العلماء وإنما كان مجرد كاتب يوميات. كان إسحاق نيوتن رئيس الجمعية الملكية منذ عام ١٧٠٣ وحتى مماته في عام ١٧٢٧.

اختراع أوتو فون جاريك لأول آلة كهربائية

١٦٦٣

كان النبيل والباحث الألماني أوتو فون جاريك معروفًا بالفعل بفضل عمله المتعلق بضغط الهواء في عام ١٦٥٧ قبل أن يبدأ أبحاثه الخاصة بالكهرباء. ولقد عرف جاريك الإحساس بالقشعريرة الناتج عن وقوف الشعر الموجود في ذراعه حينما يقترب ذراعه من عود من الكهرمان كان قد تم حكه بقطعة من القماش. في هذا الوقت، اعتقد بأن هذا الإحساس يشبه نسيم الهواء، لذلك كان من المدهش أن يكتشف أنه قد يتم الشعور بهذا الإحساس خلال الفراغ الجزئي.

في أثناء البحث في المغناطيسية في عام ١٦٠٠، شبه وليم جيلبرت كوكب الأرض بالمغناطيس. كما قام جيلبرت بعمل نموذج مصغر للكرة الأرضية من حجر المغناطيس لاستخدامه في إجراء تجربة. كما اعتقد جاريك بأنه ربما تكون الأرض كهربائية. وقد قام جاريك أيضًا بعمل كرة من الكبريت لمعرفة النتيجة. ولقد اختار جاريك الكبريت لأنه أحد العناصر الثلاثة الخاصة بالمشتغلين بالكيمياء القديمة بالإضافة إلى الملح والزئبق. من الجدير بالذكر أن أفكار الكيمياء القديمة كانت لا تزال مؤثرة.

بحك يده في الكرة (والتي سيتم تدويرها في النماذج التالية عن طريق ذراع التدوير)، رأى جاريك كل التأثيرات التي نربطها الآن بالكهرباء الساكنة مثل: ظهور شرارات صغيرة وضوضاء ذات فرقعة وجذب الأشياء الخفيفة. وبصفة خاصة، لاحظ جاريك أن الأشياء الخفيفة مثل قطعة من الورق تنجذب أولاً إلى الكهرباء. وبعد أن جذبت الكهرباء قطعة الورق، فإن هذه الورقة تبتعد عنها.

هذا، وقد قام جاريك بعمل آلة كهربائية. وتعد هذه الآلة هي أولى الآلات التي جذبت انتباه الكثير من الباحثين في القرن التالي. ورغم ذلك، لم تكن لدى جاريك أدنى فكرة عما قام باكتشافه. وقد ظل أتباعه يجادلون بشأن طبيعة الكهرباء بعد مائة عام.

إسهامات فرانسيسكو جريمالدي في مجال الضوء

١٦٦٥

يعد العالم الإيطالي فرانسيسكو جريمالدي واحدًا من كثير من العلماء الذين اهتموا بالعلم في زمنه. وحينما قامت سلطات أخرى من الكنيسة الكاثوليكية بمنع واضطهاد كل من الأفكار الجديدة والباحثين الجدد ممن

قاموا بتدعيم أفكارهم على أساس أنها تتعارض مع التعاليم الرسمية في عام ١٦٣٣، قام عدد من رجال الدين بتطوير المعرفة. كان جريمالدي على رأسهم إلى جانب كونه رائدًا في دراسة الضوء. ولقد سبق جريمالدي العالم نيوتن في دراسة الضوء حيث قام نيوتن بدراسة الضوء بعد اطلاعه على كتاب جريمالدي الذي أصدره في عام ١٦٦٥.

لقد كانت التجربة الشهيرة التي قام جريمالدي بإجرائها بسيطة للغاية. فقد جعل جريمالدي الضوء ينفذ من خلال فتحات في حاجزين على أن تكون الفتحة الثانية أكبر قليلاً من الأولى ليصل الضوء للحاجز الثالث. إذا انتقل الضوء في خطوط مستقيمة كما كان يعتقد البعض عمومًا، فإن حواف بقعة الضوء المنبعثة ستكون حادة، ويتحدد ذلك بشكل دقيق من خلال أحجام الفتحتين الأولى والثانية. ولكن الحقيقة مختلفة عن ذلك. إذ يبدو أن الضوء ينتشر في المنطقة المخصصة له ليصل إلى المنطقة المظلمة تمامًا. ويبدو كما لو كان الضوء يتخلل الأركان. كما أن حواف بقعة الضوء ليست حادة. ويبدو أن تلك الحواف تتلاشى حتى تصبح سلسلة من الحلقات المظلمة والمضيئة وملونة بألوان تشبه قوس قزح.

لقد ساهم هذا النموذج الذي يجمع بين الضوء والظلام في تذكير جريمالدي بدائرة الموجات التي تظهر حينما يتم إلقاء حجر في بركة ماء. وقد جعل هذا الأمر جريمالدي يتساءل ما إذا كان الضوء نفسه نوعًا من حركة الأمواج أو لا. قد يكون جريمالدي هو أول من قام بطرح هذه الفكرة. وقد يكون هناك بعض العلماء الذين تطرقوا لها من قبل مثل العالم الهولندي كريستيان هايجنز في عام ١٦٩٠ والعالم الإنجليزي روبرت هوك في عام ١٦٦٥. ولقد أصبحت هذه الفكرة من الأفكار المقبولة على الرغم من معارضة نيوتن لها؛ إذ كانت لديه أفكار مختلفة في عام ١٦٧٢.

في تجربة أخرى، جعل جريمالدي الضوء ينفذ خلال فتحتين في حاجز واحد ليسقط على السطح الذي يقع وراء الحاجز. ولقد كان جريمالدي مندهشًا حينما رأى أنه في الوقت الذي سقط فيه شعاعا الضوء على النقطة نفسها، كان السطح أكثر ظلامًا فيما عدا في النقطة التي تركز فيها الضوء. ولقد كان جريمالدي يتصدر العلماء في هذا الوقت. وفي الحقيقة، كان جريمالدي يوفر العديد من الأدلة المتعلقة بفكرة أن الضوء على شكل موجات. ولقد تم تأكيد وشرح هذه الفكرة حينما قام العالم الإنجليزي توماس يونج بتكرار هذه التجربة بعد مائة وخمسين عامًا (١٨٠٢).

استخدام روبرت هوك للميكروسكوب لاكتشاف الأشياء الدقيقة

١٦٦٥

قبل قيام العالم الإنجليزي العبقري روبرت هوك بإصدار كتابه المؤثر Micrographia في عام ١٦٦٥؛ كان العلماء يستخدمون الميكروسكوبات ولكن بشكل متقطع لمدة نصف قرن. ولقد قام جاليليو بعمل أحد هذه الميكروسكوبات في عام ١٦٠٩. ومع ذلك، فإن الميكروسكوب لم يصل لقدرة التليسكوب نفسها في معرفة أسرار أخرى في الكون. في الحقيقة، تخيل قليل من الناس فقط أنه يمكن أن تكون له القدرة نفسها. ولم يظن أحد أن هناك أشياءً صغيرة ودقيقة للغاية؛ لدرجة أنه لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة سوى الذرات التي لم يتوقع أحد رؤيتها بسبب صغر حجمها. وعن طريق الملاحظة، بدأ هوك يتوغل في دراسة الطبيعة أكثر مما كان متوقعًا.

حظي هوك بسمعة طيبة كمساعد للعالم روبرت بويل في أكسفورد. وقد أجرى أبحاثه عن الغازات والمضخات الهوائية في سنوات ما قبل عام ١٦٥٩. وفي عام ١٦٦٢، أصبح هوك – بموافقة بويل – أمين التجارب في الجمعية الملكية التي كان قد تم تأسيسها حديثًا، على الرغم من أنه لم يكن عضوًا فيها. ولقد كان كتاب Micrographia هو السبب في شهرته. ولقد تم بيعه بسرعة شديدة. وفيما يتعلق بهذا الكتاب، كان كاتب اليوميات صامويل بيبس يذكر أنه "من أروع الكتب التي اطلع عليها في حياته على الإطلاق" وكان بيبس لا يستطيع أن يخلد للنوم إلا بعد إنهاء هذا الكتاب.

هذا، وقد كان هذا الكتاب زاخرًا بالعبارات النثرية السهلة والمعبرة عن لغة هوك المفعمة بالحيوية والنشاط؛ كما كان يشتمل على بعض الصور المذهلة التي تكشف عالم الأشياء الدقيقة التي تم اكتشافها حديثًا. فعلى سبيل المثال، كان يُصور البرغوث وكأنه في حجم طائر كبير وأصبحت الإبرة في حجم الجزر وأصبح الرماد شبيهًا بقطعة من الفحم وكانت الهياكل التي تشبه الصندوق تُصور وكأنها في حجم قطعة الفلين وقد أطلق على تلك الهياكل فيما بعد مصطلح "الخلايا". دون أدنى شك، كان هذا الكتاب ضمن الكتب الإبداعية العظيمة لهذا العصر العلمي الجديد الذي يعتمد على الملاحظة والتجربة.

من المؤكد أن هوك قد أدرك مدى فاعلية وتأثير صوره المذهلة هذه وقد بدأ أيضًا في تأمل طبيعة الضوء الذي كان السبب في هذه الصور. ولقد قام هوك بشرح مجموعة الألوان التي

شاهدها في طبقات رقيقة من الهواء أو الميكا حيث رأى أن الضوء ينتقل في صورة موجة مثل الموجات الصغيرة الموجودة في البحيرة. لم تكن هذه الفكرة جديدة (فقد تناولها جريمالدي في عام ١٦٦٥)، ولكن قام هوك بتدعيم هذه الفكرة. ومن نتائج هذه الفكرة احتدام الصراع بين هوك ومعاصره نيوتن الذي كانت له فكرة مختلفة تمامًا بالنسبة للضوء في عام ١٦٧٢← ١٦٧٨

اكتشاف إسحاق نيوتن للجاذبية الأرضية

١٦٦٦

تتضمن فكرة نيوتن المعروفة والمستمرة سقوط التفاحة. يذكر التاريخ أن التفاحة سقطت على رأس نيوتن حينما كان جالسًا تحت شجرة. ومن هنا، جاءت فكرة الجاذبية التي تتحكم في الكون بأكمله.

إذا كان هذا الأمر قد حدث بالفعل – على الرغم من أن هناك بعض الشك في حدوثه – فإنه قد يعود إلى حوالي عام ١٦٦٦. ولقد ترك نيوتن جامعة كامبريدج مع غيره من الطلاب بسبب تفشي مرض الطاعون الذي اجتاح بعد ذلك كل إنجلترا. وفي أثناء ذلك، كان نيوتن في منزله في أحد الأحياء في مقاطعة لينكوليتشاير. وكانت عائلته تنتمي للطبقة الوسطى (من المزارعين).

بدأ نيوتن في تأمل السبب الحقيقي في سقوط التفاحة في خط مستقيم إلى أسفل ولم تتحرك مثلاً على الجانبين. وتساءل كذلك: لمَ لم يسقط القمر؟ وهل سقطت التفاحة بسبب الجاذبية الأرضية؟ ألا تمتد هذه الجاذبية إلى القمر؟ أحيانًا، كان يجيب نيوتن عن هذين السؤالين بـ "نعم"؛ مؤكدًا أن قوانين الجاذبية نفسها هي السبب في الحفاظ على توازن الأشياء على سطح كل من كوكب الأرض والأجرام السماوية. لكنه، لم يسجل قانون الجاذبية في كتابه Principia إلا بعد ٢٠ عامًا من هذا الوقت (١٦٨٦).

> **إذا كنت قد قمت بإنجاز بعض الاكتشافات القيمة، فإن الفضل في ذلك يعود إلى الانتباه الشديد وقوة الملاحظة أكثر من أية موهبة أخرى.**
>
> **إسحاق نيوتن**

هذا، وقد كانت أبحاث العالم الشاب نيوتن متعلقة بفرع جديد من فروع علم الرياضيات أطلق عليه "طريقة التغير المستمر"؛ أما الآن فنطلق عليه اسم علم التفاضل والتكامل. وباستخدام هذا الفرع من علم الرياضيات، استطاع نيوتن حساب مسار الأشياء المتحركة والنظم الأخرى التي يطرأ عليها تغيير مستمر. أما عالم الرياضيات الألماني جوتفريد لايبنتز (١٧١٦) فقد كانت لديه أفكار مشابهة ومكملة لأفكار نيوتن. فكان هناك صراع بين كل من نيوتن ولايبنتز لعقود بشأن من كان له السبق منهما في اكتشاف هذا الفرع. ولقد أكد لايبنتز فيما بعد أن نيوتن كانت له إسهامات كثيرة في علم الرياضيات أكثر من أي عالم آخر حتى وإن كان قد سبقه. وفي ظل ظروف معينة، كان هذا الاعتراف بمثابة تدعيم قوي لنيوتن.

في عام ١٦٦٩، تم ترشيح نيوتن ليكون أستاذًا لعلم الرياضيات في جامعة كامبريدج على الرغم من أنه كان في السابعة والعشرين فقط من عمره. وقد بدأ تأثيره في هذه الوظيفة في الظهور. وقد اهتم أيضًا بدراسة الدين. في الواقع، كان نيوتن يتسم بشخصيته المعقدة وكان يعتقد أن دراسة الكيمياء القديمة والدين على قدر أهمية علمي الرياضيات والفيزياء. وعلى الرغم من ذلك، فإن نيوتن ظل يتصدر قائمة العلماء في أوروبا لمدة خمسين عامًا لاحقة وظل تأثيره الكبير حتى يومنا هذا. ← ١٦٧٢

إسهامات كريستوفر رن في علوم متنوعة

١٦٦٦

يعد كريستوفر رن هو منشئ الكاتدرائية الجديدة الموجودة في لندن والتي دمرت بعد الحريق المروع الذي حدث في عام ١٦٦٦. وفي ذلك الوقت، كان رن لا يزال في الرابعة والثلاثين من عمره. مع هذا، كانت الهندسة المعمارية واحدة فقط من المهارات المتعددة التي كان يتقنها. وقد كان رن ثريًا وحصل على درجة متميزة في التعليم. ولقد اشتغل رن في العديد من المجالات العلمية؛ ثم تخصص بعد ذلك. ومع ذلك، فإنه أصدر فقط عددًا قليلاً من الكتب. وفي علم الفلك، قام رن بتصميم خرائط للقمر وحاول شرح الشكل الغريب لكوكب زحل. فقد كان هذا الكوكب من خلال تليسكوب جاليليو البدائي يبدو وكأنه يشبه كوكب ثلاثي. هذا، وقد تفوق الهولندي كريستيان هايجنز (١٦٥٦) على رن حيث كان محقًا عندما ذكر أن كوكب زحل محاط بحلقة.

بالإضافة إلى ذلك، كانت للعالم رن بعض الإسهامات في علم التشريح في أثناء دراسته في جامعة أكسفورد. وقد قام بفحص الحشرات باستخدام الميكروسكوب الذي قام بصناعته بنفسه حتى قبل أن يقوم روبرت هوك بذلك في عام (١٦٦٥). كان هوك صديقًا ومساعدً للعالم رن في السنوات التي تلت الحريق الذي حدث في عام ١٦٦٦. وقد قام كلاهما بتصميم النصب التذكاري للحريق. إن الفترة التي قضاها رن في جامعة أكسفورد في أثناء حكم أوليفر كرومويل جعلته على علاقة قوية بمجموعة العلماء الذين أرسوا أصول ومبادئ الجمعية الملكية التي تأسست في عام ١٦٦٢. لقد كان رن هو مؤسس وقائد هذه الجمعية، وظل رئيسًا لها لمدة ثلاثة أعوام.

شأن هوك ونيوتن، كان رن عمليًا ومبدعًا للغاية. ولقد قام رن بتصميم مجموعة مذهلة من الآلات والأجهزة والمعدات، مثل: مضخات المياه. كما ابتكر طرقًا لمعرفة مدى قوة البارود. هذا، فضلاً عن تصميمه للمعدات الخاصة بعمليات المسح والأدوات العسكرية الخاصة بالدفاع والهجوم. ولقد كان رن أول من قام بعمل مقياس للأمطار (فقد كان علم الأرصاد الجوية من الاهتمامات الأخرى له). بالمثل، قام باختراع العديد من الأدوات التي يتم توصيلها بالتليسكوبات. ولذلك، أصبح من السهل تحديد مواقع النجوم والكواكب والمسافات فيما بينها بشكل دقيق. وعلى يد رن، أصبح التليسكوب أداة للقياس وليس مجرد أداة لرؤية الأجرام السماوية.

دراسة نيقولاس ستينو لطبيعة الصخور

١٦٦٧

لقد انصرف العالم الدانمركي ستينو عن العلم بعد اعتناقه للكاثوليكية عن عمر يناهز التاسعة والعشرين. وقد قضى ستينو باقي حياته معتكفًا في الكنيسة. ورغم أنه قام فقط بتأليف كتاب صغير، فإن تراثه العلمي كان حافلاً بالإسهامات. بفضله، تطورت دراسة الصخور والحفريات .

كانت بداية ستينو العلمية عندما قام بدراسة الطب وعلم التشريح. وفي أثناء إقامته في مدينة فلورنسا في الستينيات من القرن السابع عشر، لاحظ ستينو التشابه الكبير بين أسنان القرش التي قام بتشريحها وبعض الحفريات الحجرية التي تم العثور عليها حديثًا. كانت

هذه الحفريات مثيرة للجدل. وقد ذكر بعض العلماء أن هذه الحفريات قد سقطت من السماء. وقد اعتقد آخرون أنها نمت بشكل طبيعي داخل الصخور.

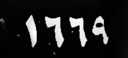
أما ستينو، فقد اعتقد أن هذه الحفريات كانت على الصورة نفسها التي وُجدت عليها؛ يعني أنها كانت أسنانًا أو عظامًا أو أجزاءً أخرى من نباتات وحيوانات ماتت منذ وقت طويل وتحولت وتغير شكلها لتشبه الصخور. ولقد قبل قليل من الناس فقط مثل هذه الفكرة المهمة على الرغم من قيام دافنشي في عام (١٥١٧) باقتراح فكرة مشابهة لها في القرن السابق. وربما استغرق الأمر قرنًا آخر من الزمان حتى يتم قبول فكرة أن هذه الحفريات ما هي إلا بقايا لكائنات عاشت في الماضي.

بدراسة طبقات الصخور التي تحتوي على مثل هذه الحفريات، ذكر ستينو أنه رأى نموذجًا من الصخور التي تعكس قصة تطور الصخور. وقد ذكر أيضًا أن معظم طبقات الصخور تم ترسيبها بفعل المياه تقريبًا بسبب الفيضان العظيم. وبالتالي، فإن مثل هذه الطبقات من الممكن أن تكون قد نشأت منذ البداية في وضع أفقي. وإذا لم تكن هذه الطبقات قد نشأت في وضع أفقي، فستخضع لقوى خفية تقوم برفعها وطيها.

أما إذا كانت هذه الطبقات قد تراكمت فوق بعضها البعض، فإن ذلك يعني أن الطبقة العليا هي الأحدث. ومن الجدير بالذكر أن هذا القانون المعروف باسم "قانون تعاقب الطبقات" من القوانين الأساسية في العلم الحديث. وهنا ورد مفهوم "التاريخ الجيولوجي" لأول مرة بشكل نسبي - إن لم يكن مطلقًا. ولم يكن لدى ستينو أدنى فكرة عن المدة التي تستغرقها الصخور لتتشكل.

انتشر كتاب ستينو الذي أصدره في عام ١٦٦٧ (وهو الجزء الأول من أحد الكتب الكبيرة التي لم يصدرها مطلقًا) على نطاق واسع وتمت ترجمته إلى الإنجليزية. وفي ضوء هذا الكتاب، بدأ علم الجيولوجيا أولى خطواته نحو التطور وحظي ستينو بلقب مؤسس علم طبقات الأرض.

إسهامات جان كاسيني وجون فلامستيد الكبرى في علم الفلك



١٦٦٩

بحلول السبعينيات من القرن السابع عشر، وبعد مرور ٦٠ عامًا من استخدام جاليليو وعلماء آخرين للتليسكوب في عام ١٦١٠، أدرك كثيرون

مدى أهمية وقيمة علم الفلك العملية؛ وخاصةً في مساعدة السفن في تحديد مواقعها في البحر. كما أدركوا أن لعلم الفلك أهمية كبرى في معرفة حركة الشمس والقمر والكواكب والنجوم؛ وهو ما دعا البلاد إلى التفكير في إنشاء المراصد القومية التي تقوم الحكومة أو المملكة بتمويلها.

في هذا الشأن، كان الفرنسيون هم أول من قاموا بإنشاء المراصد الفلكية. ومنذ تأسيس المرصد الفلكي في باريس في عام ١٦٧١، وهو يحظى بتأييد شديد من قبل البلاط الملكي. كما أنه جذب انتباه العديد من علماء الفلك البارزين. ومن هؤلاء العلماء، العالم أوليه رومر الذي قام بقياس سرعة الضوء في عام ١٦٧٦ والعالم الهولندي كريستيان هايجنز (١٦٥٦). هذا، وقد يأتي العالم الإيطالي جان كاسيني في مقدمة الجيل الرابع من علماء الفلك ذوي المكانة الرفيعة.

هذا، وقد تم تخليد اسم كاسيني في الفجوة الكبيرة التي اكتشفها في حلقات كوكب زحل والتي عرفت منذ ذلك الحين باسم "تقسيم كاسيني"، وكذلك أُطلق اسمه على سفينة الفضاء التي وصلت كوكب زحل في رحلتها من كوكب الأرض في عام ٢٠٠٤. كما أن كاسيني هو من اكتشف أن هناك حلقات (مدارات) تدور حول هذا الكوكب؛ وأنها لا يمكن أن تكون حلقات صلبة. وعن طريق تتبع مسار العلامات الموجودة على السطح، استطاع كاسيني قياس طول اليوم على سطح كل من المريخ والمشترى (والزهرة، ولكن بطريقة خاطئة). كما أنه أول من لاحظ الغطاء القطبي لكوكب المريخ والبقعة الحمراء الكبرى على كوكب المشترى؛ إلى جانب الإعصار المستمر الذي يظهر على مساحة قدرها ٥٠ ألف كيلو متر. ومن المهم أن نذكر أنه قام في عام ١٦٧٢ بالتجربة التي توضح لنا مدى ضخامة النظام الشمسي.

تزعم الإنجليز الفرنسيين حيث قاموا بإنشاء الجمعية الملكية في عام ١٦٦٢، ولكن كان للفرنسيين السبق في إنشاء المرصد القومي. إذ لم يكن المرصد الملكي في بلدة جرينتش قد تم إنشاؤه حتى عام ١٦٧٥ بالنسبة للمباني التي قام بتصميمها المهندس المعماري الإنجليزي كريستوفر رن. وقد كان جون فلامستيد هو رئيس المرصد الملكي. ويعد فلامستيد أول عالم فلكي للمرصد الملكي وقد تولى هذا المنصب لأكثر من أربعين عامًا.

كان فلامستيد من علماء الفلك المثابرين الذين يتسمون بالدقة المتناهية ويعد أيضًا صانعًا للأجهزة والمعدات الدقيقة. كما اكتشف فلامستيد كوكب أورانوس قبل اكتشافه الفعلي

بمائة عام، ولكنه أساء وصفه على أنه نجم وليس كوكبًا. وهكذا، اكتمل النظام الشمسي المعروف. وفيما بعد، كان هناك نوع من الخصومة بين فلامستيد وإسحاق نيوتن - رئيس الجمعية الملكية - الذي قام بإصدار بعض من ملاحظات فلامستيد دون الرجوع إليه لاستئذانه. وقد أدى ذلك الأمر إلى حدوث خلاف بينه وبين أدموند هالي كان سيخلف فلامستيد في مرصد جرينتش. إذ كان هالي صديقًا مقربًا للعالم نيوتن (١٦٨٤). حتى العلم لم يسلم من الأمور الشخصية. ← ١٦٧٢

إسهامات يان سفامردام في علم الأحياء

١٦٧٠

كان عالم الطبيعة وعالم الميكروسكوب يان سفامردام في الأساس يكرس كل جهوده للدين ولكنه في الوقت نفسه كان يفضل الطب. وقد كان انشغاله في إجراء الأبحاث السبب في إهماله لمارسة مهنة الطب. اشتملت اكتشافات سفامردام الكثيرة فيما يخص علم تشريح الإنسان على الصمامات في الأوعية اللمفاوية والجريبات في المبايض وآلية انتصاب العضو الذكري. كما أنه ابتكر طرقًا لدراسة الدورة الدموية عن طريق الحقن بالأصباغ. كما أن دراسته للعلاقة بين الأعصاب والعضلات في الضفادع لم تدع أي وجود للمذهب الحيوي فيما يتعلق بتكوين الكائنات الحية.

في حوالي عام ١٦٧٠، بدأ سفامردام في دراسة الحشرات؛ وخاصةً التحول من حشرة صغيرة يافعة إلى حشرة كبيرة. وقد قام سفامردام بتطوير الطريقة الخاصة بتصنيف الحشرات على أساس أشكال التطور المستخدمة حتى يومنا هذا. وتعد دراساته عن الذباب مثل ذبابة الربيع والنحل ودود القز دراسات تقليدية. وقد كان كتابه الذي أطلق عليه اسم Natural History of Insects أول كتاب مهم له في علم الحشرات؛ حيث قام فيه بوصف مئات الحشرات، بالإضافة إلى الدود والعناكب.

هذا، وقد كانت لدراساته في علم الحشرات وعمله مع العالم الإيطالي فرانسيسكو ريدي أهمية أخرى. فقد أضعفت الدراسات الدقيقة من قيمة المفهوم الشائع المتمثل في التكاثر التلقائي؛ وذلك لأن الحشرات لم تظهر بشكل مفاجئ من كائن غير حي وإنما فقست وخرجت من البيض الذي وضعته الأنثى التي تنتمي لنوع الحشرات نفسه. هذا، وقد ساعدت هذه النتيجة ومعرفة مدى زيف مفهوم "المذهب الحيوي" في دراسة علم الأحياء في

ضوء الميكانيكا. وهو ما حدث بالفعل في علمي الفيزياء والفلك. ولقد خضعت الطبيعة للعديد من القوانين المعروفة للمادة. وقد كان كل شيء يخضع للدراسة والبحث.

أما عن دراسات سفامردام الخاصة بالميكروسكوب، فقد فضل هذا العالم مثل نظيره الهولندي أنطوان فان لافنهوك (١٦٧٣) استخدام الأجهزة أحادية العدسة التي صنعها بنفسه. وقد كانت هذه الأجهزة فعالة ولكنها صعبة في الاستخدام حيث كانت تحتاج إلى صبر شديد؛ بالإضافة إلى احتياجها للضوء الطبيعي الشديد. ونظرًا لعدم وجود كاميرا يسجل من خلالها ما رآه، فإن سفامردام قام بعمل مئات من الرسومات التي تم فيما بعد نقشها من أجل الطباعة.

لقد انقطعت دراسات سفامردام العلمية وهو في أواخر الثلاثينات بسبب حماسه الشديد للتأمل الديني. وبالفعل، كانت أعماله الأخيرة يغلب عليها الطابع الديني. ولكنه ما لبث أن عاد إلى دراساته العلمية حينما لاحظ خلايا الدم الحمراء التي اعتقد أنها كانت تحتوي على دهون. ثم وافته المنية – حيث أصيب بمرض الملاريا – قبل إنهائه لعمله الرائع الذي يتناول شرحًا وافيًا عن الطبيعة والذي أطلق عليه اسم Book of Nature، والذي لم يصدر لمدة ٥٠ عامًا آخر.

إسهامات جان كاسيني في علم الفلك والنظام الشمسي

١٦٧٢

بحلول منتصف القرن السابع عشر، كان لعلماء الفلك تصور جيد عن النظام الذي يسير عليه الكون، حتى ولو كان هذا معارضًا لمفاهيم الكنيسة. وفي ضوء هذا النظام، اتفق الجميع على أن الشمس تقع في المركز ويدور حولها الكواكب الستة المعروفة في ذلك الوقت (عطارد والزهرة والأرض والمريخ والمشترى وزحل). وقد كان للعديد من هذه الكواكب أقمار تدور حولها.

أما فيما يتعلق بحجم هذا النظام والحيز الذي يشغله، فإن قوانين الحركة، التي وضعها لأول مرة عالم الفلك والرياضي المعروف جوهانس كبلر في عام ١٦٠٩، توضح لنا مدى ضخامة مدارات الكواكب الأخرى مقارنةً بمدار كوكب الأرض. فعلى سبيل المثال، كان كوكب زحل أبعد من الشمس بمسافة تقدر بحوالي تسعة أضعاف المسافة التي يبعدها عن الأرض. ولكن لم يكن هناك شيء مطلق في العلم، على الرغم من أن الإغريق القدماء قد قاموا بعمل بعض التقديرات التي تغيرت في عام ١٦٧٢.

فقد قام جان كاسيني العالم الإيطالي و مدير المرصد الذي تأسس حديثًا في باريس - بإرسال زميله جان ريشر إلى أمريكا الجنوبية، بينما ظل هو في وطنه إيطاليا. وقام الاثنان بملاحظة ورصد كوكب المريخ في اليوم نفسه. ونظرًا لأنهما قد كانا على بعد آلاف الكيلو مترات، فإن الكوكب ظهر لكليهما في مواقع مختلفة لحد ما بالنسبة لموقع النجوم الثابتة التي تبعد مسافات أكبر.

في ضوء اختلاف المواضع بينهما، قد يستطيع كل منهما حساب المسافة بين كوكبي الأرض والمريخ ثم القيام بحساب المسافة بين الأرض والشمس. وكانت هذه الوحدة الفلكية تقدر بحوالي١٤٠ مليون كيلو متر. لذلك، كان حجم مدار الأرض حول الشمس يقدر بحوالي ١٠٠ مرة حجم الأرض نفسها. مما جعل كوكب زحل - الكوكب الأكثر بعدًا - يبعد عن الشمس بحوالي أكثر من بليون كيلو متر؛ الأمر الذي جعل النظام الشمسي يبعد بمسافة حوالي بليون كيلو متر مع كل ما يشتمل عليه ذلك الفضاء الفارغ تقريبًا.

على مدار القرن التالي، تم تصحيح هذا الرقم - الذي يعد أصغر قليلاً من القيمة التي تم الوصول إليها الآن - وذلك من خلال عمليات الرصد التي تم إجراؤها في أثناء مرور كوكب الزهرة أمام الشمس على سبيل المثال في عام ١٧٦١. ← ١٧٤٠

إسهامات إسحاق نيوتن في مجال الضوء

١٦٧٢

في الدراسات التي أجريت من أجل تفسير ظلال الألوان التي تشع من قطع الماس أو قوس قزح، توصلت إحدى المدارس الفكرية الحديثة أن كل الألوان عبارة عن مزيج من لونين أساسين هما الأبيض والأسود. وقد اعتقد آخرون أن الألوان تظهر حينما ينكسر الضوء في أثناء نفاذه خلال الزجاج أو الماء.

عندما كان إسحاق نيوتن في العشرين من عمره - وقد كان بالفعل طالبًا نجيبًا في جامعة كامبريدج - قام بتطبيق مهاراته وقدراته العقلية المذهلة بطريقة عملية. وعلى نفقته الخاصة، قام نيوتن بإحضار منشور زجاجي - لوح زجاجي مثلث الشكل - لدراسة الظاهرة المعروفة للألوان. وكما كان متوقعًا، كسر المنشور الزجاجي شعاع الضوء الصادر من الشمس إلى طيف من الألوان (من اللون الأحمر إلى اللون البنفسجي). أما في المنشور الثاني - فقد كان الأمر مختلفًا تمامًا - إذ لم يقم بتفريق الضوء إلى عدة ألوان وإنما قام بتجميعها في الضوء الأبيض.

هنا. أكد نيوتن أن في ذلك الأمر دليلاً على أن "الضوء الأبيض" عبارة عن مزيج من عدة ألوان تفرقت نتيجة كسر الضوء بواسطة عدسة أو منشور زجاجي. ونظرًا لافتراضه الخاطئ الذي يتمثل في أن الضوء الذي ينفذ خلال عدسات الميكروسكوب أو التليسكوب يُمزج دائمًا بلون آخر؛ فإنه قام ببناء أول تليسكوب خاص به باستخدام مرآة بدلاً من عدسة لتركيز وتجميع الضوء. وقبل بضع سنوات، قدم جيمس جريجوريوس – التليسكوب نفسه، لكنه لم يقم بصناعته.

اكتشف جيمس جريجوريوس أيضًا طريقة أخرى لتحليل الضوء الأبيض وكيفية تفرقه. فاكتشف أن الألوان ظهرت حينما نفذ الضوء خلال ثقوب أو فتحات (وفي هذه الحالة، ينفذ الضوء خلال خوص الريش). يعد تفسير نظرية تفرق الضوء نوعًا من التحدي لنظرية الضوء المفضلة لدى العالم نيوتن. وتشرح هذه النظرية أن الضوء عبارة عن تدفق العديد من الجزيئات الدقيقة جدًا أو الجسيمات. وتؤكد نظرية أخرى منافسة – قام بوضعها روبرت هوك في عام ١٦٦٥ – أن الضوء عبارة عن موجة. وقد واصل كريستيان هايجنز في عام ١٦٩٠ دراسة هذه النظرية. وقد شرحت هذه النظرية ظاهرة تفرق الضوء وغيرها من الظواهر الأخرى بشكل مماثل لنظريات نيوتن عن الضوء أو بشكل أفضل منه.

إذا كنت أفكر بطريقة أفضل من علماء آخرين، هذا لأني درست على يد أعظم العلماء.

إسحاق نيوتن في خطاب للعالم روبرت هوكي

لم يتفق كل من هوك ونيوتن أبدًا. فحينما أعلن نيوتن لأول مرة اكتشافه للجمعية الملكية في عام ١٦٧٢، فإن هوك نقدها نقدًا لاذعًا (سواء كان ذلك بسبب سرقته لهذا العمل منه أم لأنه ببساطة كان مخطئًا)؛ وهو ما جعل نيوتن يرفض نشر أي شيء آخر بشأن هذا الموضوع طالما أن هوك ما زال على قيد الحياة. توفي هوك في عام ١٧٠٣. وعقب وفاته بفترة وجيزة، قام نيوتن بإصدار عمله الشهير Opticks في عام ١٧٠٤. ← ١٦٨٦

اكتشافات أنطوان فان لافنهوك باستخدام الميكروسكوب

١٦٧٣

دون أية دراسة علمية، أصبح أنطوان فان لافنهوك - تاجر الأقمشة في مدينة دلفت في هولندا - واحدًا من أشهر الباحثين في هذا الوقت. ولأكثر من ٥٠ عامًا منذ عام ١٦٧٣، أقر أنطوان باكتشافاته الثورية في حوار ضخم مع الجمعية الملكية والأكاديمية الفرنسية للعلوم.

لم يقم فان لافنهوك باختراع الميكروسكوب كما يدعي البعض. لكنه، قام بتعديل العدسة المكبرة البسيطة المعروفة منذ قرون والذي قام باستخدامها لمعرفة عدد الخيوط في القماش. ومن المرجح أنه تأثر بكتاب روبرت هوك المعروف باسم Micrographia الذي اطلع عليه في أثناء زيارته الوحيدة للندن. ولقد صدر هذا الكتاب في عام ١٦٦٥. وقد كان هذا الكتاب زاخرًا بصور للكائنات المتناهية في الصغر التي لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة.

استخدم هوك الميكروسكوب المركب وهو عبارة عن عدستين تم اختراعهما في حوالي عام ١٦٠٠. ولقد كان من الصعب صناعة أو استخدام هذا الميكروسكوب ولا يمكن تكبير الشيء أكثر من ثلاثين أو أربعين مرة مقارنةً بحجمه الأصلي. أما عدسات فان لافنهوك الصغيرة المكبرة - والتي قام بصنعها من الزجاج وأحاطها بإطار - فقد كانت عدسات جيدة الصنع. وكان فان لافنهوك ماهرًا للغاية في ملاحظاته، حيث بدت العناصر مكبرةً بحوالي ٢٧٠ مرة عن الحجم الأصلي لها. ونتيجة لذلك، تم اكتشاف عالم جديد بأكمله للظواهر غير المعروفة من قبل.

كان فان لافنهوك هو أول من أقر بوجود الكائنات الحية الدقيقة التي تسبح في المياه بحفة. ولقد أطلق فان لافنهوك على هذه الكائنات اسم حييوين - حيوان دقيق لا يرى إلا بالمجهر. أما الآن فيطلق على هذه الكائنات اسم الكائنات الأولية والعجليات والديدان. واستنتج فان لافنهوك أن مئات من هذه الكائنات من الصعب أن تنتشر في حبات الرمل واعتقد أيضًا أنها تنتقل من مكان إلى آخر في الهواء بدلاً من أن تتكاثر تلقائيًا.

> **عندما اكتشف أي شيء مهم، دائمًا ما ينتابني الشعور بأنه من الواجب عليّ أن أدون هذا الاكتشاف على الورق. ولذلك، ينبغي أن يعي كل العلماء البارزين هذا الأمر جيدًا.**
>
> **أنطوان فان لافنهوك**

لقد قضيت الكثير من الوقت - أكثر بكثير مما يعتقد البعض - في إجراء الملاحظات المجهرية، ولكني استمتعت بذلك تمامًا ولم أعر أي اهتمام لما قاله البعض إن ما وصلت إليه يثير الكثير من المشاكل وليس له أية فائدة.

أنطوان فان لافنهوك

بالإضافة إلى ذلك، اكتشف فان لافنهوك أن الكائنات الحية التي يُطلق عليها الآن اسم بكتريا توجد بين أسنانه. كما لاحظ أشكال وهياكل الحفريات والبلورات والطحالب وغيرها من النباتات متناهية الصغر. وقد لاحظ فان لافنهوك أيضًا الخلايا الحمراء في الدم على الرغم من أنه لم تكن لديه أدنى فكرة عن طبيعة هذه الخلايا ووظيفتها. هذا، ولم تكن كل الأمور التي قام بها فان لافنهوك تحتاج إلى ميكروسكوب. فعلى سبيل المثال، قام فان لافنهوك بتوضيح دورة حياة النملة من بيضة إلى يرقة ثم إلى خادرة ثم إلى مرحلة النضوج.

في تقدير فان لافنهوك الخاص، كانت أعظم إنجازاته هي اكتشافه للحيوان المنوي في السائل المنوي. كما أنه قام بتأجيل نشر أي تفاصيل عن هذا الأمر؛ خوفًا من أن يثير ذلك استياء وتذمر أولئك الذين اعتقدوا أن هذه الحيوانات المنوية مجرد طفيليات. ولمدة أكثر من أربعين عامًا، أصبح فان لافنهوك خبيرًا متخصصًا في دراسة السائل المنوي لكل أنواع المخلوقات. وقد كان فان لافنهوك هو أول من اقترح أن التخصيب هو أصل كل حياة جديدة؛ وذلك حينما يخترق الحيوان المنوي جدار البويضة.

اكتشاف جون مايو لغاز الأكسجين

١٦٧٤

على الرغم من أن حياة جون مايو كانت قصيرة؛ إذ لم يتجاوز الخامسة والثلاثين من عمره حينما توفي، فإنه كانت لاكتشافاته آثار عظيمة على العلم الحديث. ولقد درس مايو القانون، ولكنه اتجه إلى دراسة الطب وقد مارس الطب في مدينة باث. وقد قام روبرت هوك بترشيح مايو لمنصب عضوية الجمعية الملكية في عام ١٦٧٨.

في حوالي عام ١٦٧٤، اعتمد مايو على أبحاث روبرت بويل التي أجراها في عام ١٦٥٩ والتي أوضح فيها أنه لا يمكن لأي شيء أن يحترق في وعاء مفرغ من الهواء. ثم وضع مايو شمعة مشتعلة وفأر في برطمان مغلق. فكانت نتيجة ذلك هو أن الشمعة انطفأت ومات الفأر بعد ذلك. ولكن في تجربة أخرى لم يستخدم فيها شمعة، استمر الفأر على قيد الحياة ضعف المدة التي عاشها في المرة الأولى. وبشكل واضح، أكد مايو أن الغاز الموجود في الهواء ويجعل الشمعة تستمر في الاشتعال هو نفسه الغاز المسئول عن الحياة. لذلك، فإن ما يحدث للكائنات الحية ويولد حرارة وحركة أشبه إلى حد ما بعملية الاحتراق.

لكن، هناك المزيد من الاكتشافات فيما يتعلق بهذا الموضوع. فإذا تمت تغطية شمعة مشتعلة تطفو على سطح المياه ببرطمان، فإن الماء داخل البرطمان سيرتفع بطريقة ما مما يؤدي إلى انطفاء الشمعة. وقد رأى مايو من هذه التجربة أن نسبة بسيطة فقط من الهواء هي المسئولة عن الاشتعال. أما النسبة الأكبر من الغازات الموجودة في الهواء، فليست لها علاقة بذلك. وقد توصلت التجارب التي أجريت على الفئران الميتة إلى النتيجة نفسها. وقد توصل مايو أيضًا إلى أن هذا العنصر نفسه من الهواء يتم امتصاصه حينما يتم تسخين معدن ما وينتج عنه كلس - أكسيد الجير أو قشرة.

هذا، وقد اعتقد مايو أن هذا الجزء النشط والمهم من الهواء يوجد في نترات البوتاسيوم وأنه دون هذا الغاز، لن يشتعل البارود. وقد أطلق هذا العالم على ذلك الغاز أسماء عديدة وجميعها يوحي أنه غاز ناري يساعد على الاشتعال. مهما كان الاسم الذي أطلقه مايو على هذا الغاز، فإنه من الجدير بالذكر أن مايو كان له السبق في اكتشاف غاز الأكسجين قبل أن يكتشفه علماء مشهورون آخرون مثل: بريستلي (١٧٧٤) وشايلي ولافوازييه بحوالي قرن من الزمان ولقد كان هذا إنجازًا عظيمًا. كما أن مايو ربط بين عمليتي التنفس والاحتراق، وبذلك قام باكتشاف العلم الذي أطلقنا عليه بعد ذلك علم وظائف الأعضاء (الفسيولوجيا). والسؤال الذي يطرح نفسه هو: تُرى، ماذا كان سيكتشف غير ما اكتشفه إذا كان عمره قد طال؟



إسهامات أدموند هالي في علم الفلك

١٦٧٦

يربط العديد من الناس في أذهانهم اسم أدموند هالي بالمذنب المعروف. ولكنه كالعديد من أبناء جيله، كان نشطًا وكانت له مجموعة كبيرة من الإنجازات والإسهامات العملية في بداية حياته.

كان هالي رجلاً ثريًا. وقد سافر إلى جامعة أكسفورد ولكنه غادرها في عام ١٦٧٦ دون أن يحصل على أية درجة علمية. وبعد ذلك بفترة وجيزة، أخذ هالي التليسكوب الخاص به إلى جزيرة سانت هيلينا في جنوب المحيط الأطلنطي. وهنا تجدر الإشارة إلى أن دراسته لثلاثة آلاف نجم في نصف الكرة الجنوبي جعلته يحصل على درجة الماجستير من المرسوم الملكي، كما مكنته من أن يحصل على عضوية الجمعية الملكية؛ وذلك وهو لا يزال في الخامسة والعشرين من عمره.

هذا، فضلاً عن أن الرحلات التي قام بها قد أدت إلى زيادة اهتمامه لمعرفة المكان الذي تأتي منه الرياح التي تعبر المحيطات. وفي عام ١٦٨٦، قام هالي بنشر الخرائط الأولى التي توضح اتجاه الرياح التجارية الشرقية ودوائر العرض الغربية والدورة الخاصة بالرياح الموسمية الاستوائية التي تستغرق ستة أشهر. وقد أكد هالي أن الدوران الشديد للهواء حدث بسبب حرارة الشمس. وقد أكد أيضًا أن الرياح الموسمية هي في الأساس نتاج الحركة الظاهرة للشمس في السماء شمالاً وجنوبًا مع فصول السنة. بالإضافة إلى ذلك، قام هالي بالربط بين الرياح التجارية ودوران الأرض؛ مؤكدًا أن هذه الرياح تهب في اتجاه النقطة التي تقع مباشرة تحت الشمس، ولكن تتجه هذه الرياح ناحية الغرب عبر الأرض، حيث تدور الأرض في اتجاه الشرق. ولقد كان هذا الاكتشاف رائعًا وقد قام العالم جورج هادلي بتطويره في عام ١٧٣٥.

أدى الاستخدام الجيد والدقيق للبارومتر (مقياس الضغط الجوي) إلى معرفة العلاقة بين الضغط الجوي والطقس. وقد أشار توريشيلي إلى هذه العلاقة في عام ١٦٤٣. فعلى سبيل المثال، لاحظ أن الضغط الجوي المنخفض ينذر بهبوب عاصفة، أما إذا كانت قراءة البارومتر توضح أن الضغط الجوي مرتفع، يعني ذلك أن الطقس سيكون جيدًا. وفي عام ١٧٠٢، قام هالي بنشر خرائط تعرض نموذجًا للمجال المغناطيسي للأرض. وقد كانت هذه الخرائط مشابهة للخرائط الخاصة بالرياح. كما أنه اكتشف الحركة واسعة النطاق للنجوم في عام (١٧١٨).

أكد هالي بأن ملوحة البحر هي نتيجة تراكم وترسب الأملاح التي تم تفتتها ببطء من الصخور الموجودة على سطح الأرض. يعد أدموند هالي حقًا عالمًا بارعًا.

كانت زيارة هالي للعالم إسحاق نيوتن في جامعة كامبريدج عام ١٦٨٤ بمثابة الحافز الذي شجع نيوتن على إصدار كتابه المعروف باسم Principia؛ ويعد هذا العمل العظيم هو مجمل التصور الجديد للأعمال المتعلقة بالعالم الفيزيائي. ولقد جنى هالي ثمار اطلاعه على هذا الكتاب؛ إذ زوده بالأدوات التي ساعدته على وضع نظريته المهمة بشأن مسار المذنب في عام ١٧٠٥. وقد كانت هذه النظرية هي سبب شهرته الكبيرة. ١٦٨٤ ➔

إسهامات أوليه رومر فيما يخص كوكب المشترى وسرعة الضوء (١)

١٦٧٦ ◄

في عام ١٦١٠، أعلن العالم الإيطالي جاليليو جاليلي عن اكتشافه لأربعة أقمار تدور حول كوكب المشترى؛ وأن كل قمر منها يستغرق وقتًا محددًا للدوران حول هذا الكوكب. هذا، وقد كان نظام أقمار كوكب المشترى بمثابة علامة سماوية يمكن الاستدلال بها على الوقت. بالاستناد إلى المعلومات الصحيحة الخاصة بهذا النظام، يستطيع أي عالم فلكي - في أي مكان - استخدام مواقع تلك الأقمار ليستدل بها على الوقت في أي مكان على سطح كوكب الأرض يكون فيه كوكب المشترى مرئيًا.

هذا، وقد أثار البحث عن خط الطول بالنسبة للسفن في البحر مشكلةً خطيرة؛ حيث أدى هذا إلى فقد العديد من السفن وتحطمها. ولقد قدم ملك أسبانيا جائزةً لمن يجد حلاً لهذه المشكلة. وأكد جاليليو أن قائد السفينة قد يستطيع استخدام أقمار كوكب المشترى لحساب وقت الظهيرة في ميناء موطنه الأصلي ومقارنة ذلك بالتوقيت المحلي؛ حينما تقع الشمس في أعلى مكان في السماء. ويعني كل ساعة زمنية فرق بينهما اختلافًا في خطوط الطول بمقدار ١٥ درجة، من ناحية الشرق أو الغرب.

لكن، لم تكن هذه الطريقة دقيقة بما فيه الكفاية حتى يتم استخدامها في البحر. لذلك، لم يعتمد عليها أحد على الإطلاق في البحر. ورغم ذلك، فإنها شجعت علماء الفلك على الاهتمام بملاحظة أقمار كوكب المشترى. وقد قام علماء الفلك أيضًا بتحديد اللحظة التي تم فيها خسوف القمر عن طريق مرور القمر بظل كوكب المشترى. وبالفعل، كانت النتائج

مذهلة. ففي بعض الأحيان، كان الخسوف يحدث في وقت سابق للوقت المتوقع حدوثه فيه. وفي أحيان أخرى، كان يحدث في الوقت المتوقع له.

في عام ١٦٧٦، كان عالم الفلك الدانمركي أوليه رومر يعمل في باريس؛ حيث قام بالتدريس لوريث الملك الفرنسي وساعد في تصميم النافورات في مدينة فرساي. وقد وضح رومر أن فروق توقيت خسوف القمر توضح الفجوة المتغيرة بين كوكبي المشترى والأرض؛ حينما يدور كل منهما حول الشمس.

لقد تم تقدير أحجام المدارات الخاصة بالكواكب في عام ١٦٧٢، وهكذا استطاع رومر حساب الضوء حيث عرف أن الضوء ينتقل فورًا في الفضاء بمسافة محددة. يعد هذا إنجازًا عظيمًا على الرغم من أن القيمة التي قدرها لسرعة الضوء في ذلك الوقت كانت أقل من القيمة الحالية التي تقدر تقريبًا ٣٠٠٠٠٠ كيلو متر في الثانية.

إسهامات روبرت هوك في وضع القوانين



في الأغلب الأعم، يرتبط اسم العالم الإنجليزي روبرت هوك في أذهان الناس بالقانون الذي أصدره في عام ١٦٧٨. يربط قانون هوك القوة اللازمة لشد سلك أو ياي بمقدار الاستطالة. فعند مضاعفة القوة سيزيد مقدار الاستطالة إلى الضعف. أما عند إزالة الإجهاد، فإن العنصر "السلك أو الياي" سيعود إلى شكله وطوله الأصلي؛ وذلك إذا لم يكن مقدار القوة كبيرًا للغاية. وفي حالة تجاوز حد المرونة، فإن السلك لن يعود إلى حالته الأولى وسيحدث فيه تشوه دائم.

لكن، هناك إسهامات كثيرة للعالم هوك خلاف قانونه. فقد كان هوك واحدًا من أعظم المفكرين البارعين في هذا الوقت، إلى جانب كونه مبدعًا لدرجة أن كثير من الناس رأوا أنه يشبه كثيرًا العالم الإنجليزي البارع دافنشي. إذ كانت لديه مهارات متنوعة في مجالات عديدة؛ مثل: الكتابة والرسم والاختراع والبحث والقدرة على التخيل والتأمل. وفي معظم هذه المواهب، كان هوك مماثلاً لدافنشي في إجادته للأشياء وإبداعه فيها؛ بل وفي بعض الأحيان كان يتفوق عليه. فإذا كان دافنشي يحلم كثيرًا بتحقيق الكثير من الإنجازات، فإن هوك نجح بالفعل في تحقيق الكثير من الإنجازات على أرض الواقع.

سلطت أبحاث هوك الإبداعية الضوء على الكثير من المجالات المتطورة في العلم على الرغم من أنه لم يركز البحث كثيرًا في مجال واحد فقط، ولكنه غالبًا ما يترك علماء آخرين يكملون ما بدأه.

قانون هوك

ينص هذا القانون على أن الانفعال الناتج داخل نطاق أية مادة مرنة يكون متناسبًا مع الإجهاد المتسبب فيه (داخل نطاق حد المرونة).

كان هوك زميل روبرت بويل في جامعة أكسفورد في دراسة الغازات في عام ١٦٥٩. كما يعد هوك رائدًا في استخدام الميكروسكوب (١٦٦٥). كما أنه كان كثيرًا ما يتأمل أصحاب العقول العظيمة ويقرأ أفكارهم. على سبيل المثال، نجد أن إسحاق نيوتن اقتبس الكثير من هوك في عمله فيما يتعلق بالجاذبية، على الرغم من أن نيوتن لم يظهر أي نوع من التقدير لهوك. وقد رأى البعض أن التعليق الشهير للعالم نيوتن: "إذا كنت أمعن النظر في الأمور وأفكر بطريقة أفضل من علماء آخرين غيري، فإن الفضل في ذلك يعود إلى أنني تعلمت على يد العظماء من العلماء" ما هو إلا نوع من الاستخفاف بمكانة هوك والتقليل من شأنه.

يتشابه كل من هوك ونيوتن في العديد من الأمور. فكل منهما كان ينتمي للطبقة الوسطى. كما كان كل منهما مريضًا في شبابه لكنهما كانا يتمتعان بمهارة عالية. كذلك، كان يغلب على كل منهما طابع الشك والسرية بالفطرة وأحيانًا كثيرة نتيجة الخبرة.

كان هوك بعيدًا عن الأنظار دائمًا بسبب براعة ونبوغ نيوتن. ولكنه كان يحتل وظيفة مرموقة. فقد ضمن له بويل منصب أمين التجارب في الجمعية الملكية التي أنشأت حديثًا. ولقد احتل هوك هذا المنصب لما يتميز به من مواهب ومهارات متعددة لمدة ٤٠ عامًا وحتى وفاته في عام ١٧٠٣.

إسهامات نهيمياه جرو في علم النبات

١٦٨٢

قام الطبيب الإنجليزي نهيمياه جرو بإصدار كتاب The Anatomy of Plants في عام ١٦٨٢. وقد ساعد هذا الكتاب في جعل علم النبات الحديث أكثر من مجرد نوع من التصنيف. فقد تجاوز جرو دراسته وانشغاله بأهمية النباتات

وفائدتها فحسب؛ حيث إن معظم الكتب سابقًا كانت توضح أن الأعشاب مهمة جد بالنسبة للطب.

في هذا الشأن، كان شغله الشاغل هو معرفة وظيفة النباتات وكيفية تكاثرها. ومن الجدير بالذكر أن جرو كان من أوائل العلماء الذين اقترحوا أن النبات، مثله مثل الحيوان. له جنسين أو على الأقل نوعين من الأعضاء الجنسية؛ وأن كلاً منهما له دور (اللقاح الذكري والبويضة الأنثوية) في وجود الجيل الثاني.

لكونه طبيبًا، اهتم جرو بالأمعاء وقام بنشر دراساته على الكثير من الحيوانات في كتاب Comparative Anatomy of Stomachs and Guts. وبالنسبة للنباتات، كان جرو يريد أن يعرف كيفية تأثير نوعية هذه الأعضاء على وظائفها والسماح لها بالقيام بالوظائف التي تقوم بها. وقد كانت هذه فكرة جديدة نسبيًا.

كان للعالم جرو إنجاز آخر جديد بالملاحظة. فكان جرو هو أول من شرح التأثيرات النافعة للينابيع في مدينة ابسوم داونز في شمال لندن. كما اكتشف جرو أيضًا أن هذه المياه العلاجية غنية بالمعادن؛ التي سرعان ما أطلق عليها اسم أملاح ابسوم. أما الآن فتسمى كبريتات الماغنسيوم. وقد أحسن جرو الاستفادة من الخصائص الطبية لهذه الأملاح في ممارسته لمهنة الطب.

مثل العديد من الباحثين الإنجليز في وقته، كان جرو نشطًا في الجمعية الملكية. وقد كان يعمل كسكرتير في هذه الجمعية لعدة سنوات. ولبعض الوقت، احتل جرو منصب أمين قسم تشريح النباتات وقام باستخدام أجهزة الميكروسكوب التي زوده بها روبرت هوك - أمين التجارب. ولكي يدفع جرو ثمن ما نشره من الكتب، نظّم ما يسمى بالاكتتاب العام، ولأول مرة تم عمل مثل هذا النظام.

دور أدموند هالي في تدوين Principia



يعد كتاب Principia للعالم إسحاق نيوتن من أهم الأعمال التي كتبها العظماء من العلماء على الإطلاق. لولا تدخل أدموند هالي- العالم المعروف باكتشافه للمذنبات، لما تم تدوين هذا

الكتاب. ففي أغسطس عام ١٦٨٤، قام هالي بعمل زيارة للأستاذ نيوتن في جامعة كامبريدج لمناقشة مشكلة ملحة وهي: ما طبيعة القانون الذي يحدد قوة الجاذبية الأرضية بين كوكب الأرض والشمس أو بين القمر والشمس؟ ولقد اعتقد العديد من الناس أن قوة الجاذبية تعتمد على المسافة بين الجسمين بينما اعتقد كثيرون أن مثل هذه العلاقة تخضع لقانون التربيع العكسي، مثل القانون الذي وضعه جوهانس كبلر للضوء عام (١٦٠٤). ينص هذا القانون على أنه عند تقليل المسافة بين قوى التنافر والتجاذب إلى النصف، تزداد قوة التجاذب إلى أربعة أضعاف وعند زيادة تلك المسافة إلى الضعف، فإن قوة التجاذب ستقل إلى ربع قيمتها الأصلية.

فضلاً عن هذا، كانت هناك قضية أخرى مهمة شغلت هؤلاء العلماء. ففي عام ١٦٠٩، وضح كبلر أن الكواكب تتحرك في مدارات بيضاوية حول الشمس. لكن، هل تتحرك الكواكب والمدارات معًا؟ هل ينطبق قانون التربيع العكسي على المدارات البيضاوية والعكس؟ اعتقد هالي وآخرون ذلك، ولكن ليس لديهم المهارات الرياضية لإثبات ذلك. أما نيوتن فقد قام بإثبات ذلك، وقد قام بذلك في الحقيقة قبلهم بحوالي ٢٠ عامًا. وقد وعد نيوتن العالم هالي أنه سيطلعه على هذه العمليات الحسابية والتقديرات التي توصل إليها. لكن، هالي كان يريد أكثر من ذلك. لذلك، فإنه حث نيوتن على تدوين كل ما له علاقة بتلك القضية وكل ما يعرفه عنها حتى يطلع الجمعية الملكية عليها وبعد ذلك يقوم بإصدارها. في البداية، كان نيوتن رافضًا لذلك وواصل عمله بشكل متزايد؛ حيث قام بتطبيق الأفكار الرئيسية على العديد من المجالات الجديدة. وقام هالي بتشجيع نيوتن حتى يقوم بفحص الأدلة حتى يقوم بطباعة ما سجله من معلومات. وحينما ظهر هذا العمل الجديد في ١٦٨٦-١٦٨٧ بعد ١٨ شهرًا من المجهود الشاق والمضني، كان هذا هو نتاج عمل نيوتن؛ ولكنه في الوقت نفسه كان إنجاز هالي. ← ١٧٠٥

مدى تأثير كتاب Principia للعالم نيوتن

١٦٨٦

يعد كتاب Principia الذي ألفه العالم نيوتن أحد أول كتابين تم إصدارهما في عام ١٦٨٦. ولم يكن هذان الكتابان من الكتب التي تسهل قراءتها. فحتى حينما تمت ترجمة هذين الكتابين من اللغة اللاتينية، كانت اللغة زاخرة بالمفردات الصعبة والمستفيضة والمصطلحات الهندسية المعقدة والعديد من الرسوم

البيانية. كما أن عنوان الكتاب ببساطة جزء من عنوان لاتيني أكبر تمت ترجمته إلى اللغة الإنجليزية كالتالي: The Mathematical Principles of Natural Philosophy. ولقد اجتهد نيوتن في تطبيق المبادئ الرياضية الحديثة التي نطلق عليها الآن اسم علم الفيزياء. وعلى الرغم من غموض هذا العمل، فإنه حقق نجاحًا كبيرًا وكان بمثابة كنز يضم العديد من النظريات المذهلة.

قوانين نيوتن للحركة

القانون الأول: يظل كل جسم ساكنًا أو يتحرك حركة مستقيمة بسرعة ثابتة؛ ما لم تؤثر عليه قوة ما.

القانون الثاني: حينما يقع جسم ما تحت تأثير قوة ما، فإن معدل التغير في حركة هذا الجسم (أي سرعته) يتناسب مع القوة الواقعة عليه ويأخذ اتجاه هذه القوة نفسه.

القانون الثالث: لكل فعل رد فعل مساوٍ له في القوة ومضاد له في الاتجاه؛ فالأفعال المتبادلة لجسمين دائمًا ما تكون متساوية في القوة ومتضادة في الاتجاه.

لم ينكر نيوتن فضل أسلافه عليه، هؤلاء العظماء الذين اعتمد عليهم في دراساته العلمية. فقد وضح أن أول قانونين من قوانين الحركة لديه – وقد كان ذلك هو الموضوع الأساسي في الجزء الأول من كتابه – قد قام بتطويرهما العالم جاليليو بدايةً من عام ١٦٠٤. ولقد قام كل من نيوتن وجاليليو بتوضيح مفهوم القصور الذاتي؛ أي الخاصية التي تجعل جسم يظل يتحرك بسرعة ثابتة وفي اتجاه ثابت ما لم تؤثر عليه أية قوة خارجية. إن التغير في سرعة و/أو اتجاه الحركة (وهما ما يعملان على سرعة حركة الجسم) يتناسب مع القوة الواقعة عليه ويأخذ الجسم الاتجاه نفسه.

علاوةً على هذين القانونين، أضاف نيوتن قانونًا ثالثًا ينص على أنه على الرغم من تفاعل جسمين إما عن طريق الاصطدام وإما عن طريق التجاذب، فما يحدث لأحدهما قد يحدث للآخر ولكن بطريقة معاكسة. أي أن هناك شيئًا مشتركًا بين هذين الجسمين. ولقد أطلق نيوتن على هذا الشيء اسم "الحركة" وقد نطلق عليها ميكانيكيًا اسم "زخم" وتعني

كمية التحرك وهي حاصل ضرب الكتلة في السرعة. هذا، ويجب أن تكون كمية التحرك الخاصة بالأجسام قبل وبعد التفاعل واحدة. ولم تكن هذه بفكرة جديدة. إذ قام كل من كريستوفر رن وهايجنز وآخرين بتأكيد هذه الفكرة من قبل. أما نيوتن فقد جعلها جزءًا من نظرية أكبر.

$F = ma$

(قانون Newton الثاني)

$v = u + at$

$s = ut + \frac{1}{2}at^2$

$v^2 - u^2 = 2as$

F = القوة (بالنيوتن، "وحدة قوة")

m = الكتلة (بالكيلو جرام)

a = السرعة (بالمتر لكل ثانية)

u = السرعة الابتدائية (بالأمتار لكل ثانية)

v = السرعة النهائية (بالأمتار لكل ثانية)

s = المسافة المقطوعة (بالأمتار)

t = الفترة الزمنية المستغرقة (بالثواني)

كان جاليليو هو أول من قام بهذه المعادلات الرياضية، وقام بالربط بين السرعة والمسافة المقطوعة والفترة الزمنية التي يستغرقها جسم ما حينما يتحرك بسرعة منتظمة ونجد أن هذه العلاقة بين السرعة والمسافة تتحكم فيها قوة ثابتة مثل قوة الجاذبية.

من الجدير بالذكر أن قوانين الحركة وردت في صفحة واحدة في كتاب نيوتن المعروف باسم Principia؛ أما باقي القوانين المنبثقة منها فقد وردت في صفحات متفرقة منه، ولعل الفضل في ذلك يرجع إلى عبقرية نيوتن الرياضية. فقد قام نيوتن بشرح طريقة حركة الأجسام تحت تأثير الجاذبية؛ أي طريقة حركة الأجسام في دوائر وكيفية جذب بعضها لبعض. أما الجزء الثاني بأكمله من هذا الكتاب، فيفسر الأجسام المتحركة حركة مضادة لمقاومة الماء أو الهواء.

إذًا، يمكن القول إن هذا الكتاب كان ملمًا وشاملاً ويسترعي الانتباه للغاية. فلم يجيء أي كتاب آخر من قبل بمثل ما جاء به؛ أي لم يسبق له مثيل من قبل ومن بعد. ← ١٦٨٧

إسهامات إسحاق نيوتن في كتاب The System of the World

١٦٨٧

كان الكتاب الثالث للعالم نيوتن يطلق عليه اسم The System of the World وقد ظهر لأول مرة في عام ١٦٨٧. ونجد أن هذا العنوان جريء. ولقد خطط نيوتن لتوضيح ليس فقط كيفية حركة النظام الكوني الكبير، وإنما السبب في تلك الحركة. ولقد تضمن تفسيره ديناميكية العالم أو ما أطلق عليه الجاذبية التي تعد الآن قوة الجذب بين الأجسام في كل مكان. وقد ربط بين سقوط التفاحة على الأرض – الذي وضح فكرة الجاذبية الأرضية – وبين حركة الكواكب البعيدة.

كما ذكر نيوتن، فإن مدى قوة الجاذبية يعتمد أولاً على كتلة الأشياء التي يتم جذبها نحو مركز الكرة الأرضية. فكلما زادت كتلة الجسمين، تشتد قوى الجاذبية بينهما. إن كلاً من الجسم الكبير والصغير ينجذبان إلى بعضهما البعض بطريقة متساوية؛ ولكن الجسم الكبير مقاومته أكبر وحركته أقل. إن كتلة الشمس الضخمة تسمح لها بأن تظل ثابتة في مكانها بالقرب من مركز النظام الشمسي وتسمح للأرض وباقي الكواكب بالدوران حولها. وهكذا، تم إثبات ما ذكره العالم نيقولاوس كوبرنيكس بأن كلاً من الأرض والكواكب جميعها تدور حول الشمس في عام ١٥٤٣.

أما المفهوم الثاني المهيمن في قوانين نيوتن للحركة هي المسافة. وكما اعتقد كثيرون قبل نيوتن ومنهم روبرت هوك نجد أن الجاذبية تخضع لقانون التربيع العكسي. إذ أن مضاعفة المسافة بين جسمين يضعف من قوى الجذب المتبادلة بينهما بما يقدر بثلاثة أرباع. ونتيجة لذلك، وضح نيوتن أن المسافة والكتلة وحدهما هما المؤثرتان وليس الحجم. تتفاعل الأجسام المتماثلة؛ وعلى وجد التحديد الكبيرة، وكأن كل كتلتها تتركز في نقطة ما في وسط كل منهما.

هكذا، وجد نيوتن الآن أن بإمكانه أن يثبت أن الأجسام التي تتحرك بحرية وبسلاسة تحت تأثير الجاذبية تتبع مسارات محددة وواضحة: بمعنى أنه إذا كانت المدارات مغلقة ينشأ قطع ناقص، بينما ينشأ قطع مكافئ حينما لا تلتقي النهايات. هذا، وتسلك الكواكب والأقمار والمذنبات المسارات المحددة لها؛ لأن الجاذبية تقوم بالتوازن بينها. وبالتالي، يتمكن كل منها من الحركة في اتجاه مستقيم. وبناءً عليه، تقوم الجاذبية بسحبهما في مدارات ثابتة.

قانون نيوتن للجاذبية الأرضية

تتناسب قوى الجذب بين جسمين طرديًا مع حاصل ضرب الكتلتين، وتتناسب عكسيًا مع المسافة بين المركزين.

$$F = \frac{G\, m_1 \times m_2}{d^2}$$

يربط قانون نيوتن للجاذبية الأرضية قوة الجذب F (بوحدة نيوتن) بين جسمين للكتلتين m_1 وm_2 (بالكيلو جرام) والمسافة d (بالأمتار) بين المركزين. ويكون ثابت الجاذبية G رقمًا صغير جدًا (6×10^{-11}) وهو ما يشير إلى أن قوة الجاذبية ضعيفة جدًا.

هذا، وقد تم شرح قانون الجاذبية العام بمزيد من التفصيل؛ حيث يشتد المد في المحيطات بسبب قوى الجذب بين الشمس والقمر وشكل كوكب الأرض وحركات القمر المعقدة وتقدم الاعتدالين – الذي يغير بدوره نموذج سماء الليل المعروف على مدار آلاف السنين. وفي موضع واحد فقط اعترف نيوتن بالجهل؛ حيث اكتشف أنه لا يستطيع شرح الجاذبية نفسها. وهذا ببساطة شديدة هو كل ما في الأمر. ← ١٧٠١

إسهامات جون لوك في العلم التجريبي

١٦٨٩

لا نستطيع أن نطلق على الفيلسوف الإنجليزي جون لوك عالم بالمعنى المقصود من الكلمة. فقد تدرب هذا الفيلسوف في مجال الطب كما أنه اشتغل لفترة كطبيب، لكنه لم يقم بإجراء أي بحث علمي. وفي سن صغيرة، كان لوك يحتفظ بالسجلات الخاصة بالأحوال الجوية مثل: الحرارة والضغط والرطوبة. وقد تم نشر بعض هذه السجلات في جريدة الجمعية الملكية التي تصدر باسم Philosophical Transactions التي كان لوك عضوًا فيها. ومن الجدير بالذكر أنه حقق مكانته العلمية وشهرته في تاريخ العلم منذ إصداره لإحدى المقالات باسم Essay on Human Understanding وذلك عام ١٦٨٩. ونجد أن هذه المقالة تلخص مدى معرفتنا بنظام العالم. وقد كانت حلوله تتناسب بشكل جيد مع الحركة المتزايدة لإجراء البحث العلمي؛ لا سيما في إنجلترا وقد تطورت هذه الحركة منذ زمن فرنسيس بيكون وحتى الآن. وبالنسبة له، تأتي المعرفة فقط من الخبرة وتأمل

هذه الخبرة. وتتعارض الفلسفة التجريبية مع الآراء العقلانية الخاصة بالفلاسفة الفرنسيين مثل ديكارت. وقد كان لهؤلاء الفلاسفة بعض الأفكار التي تأصلت في عقولنا بشأن العالم من حولنا.

هذا، وقد كان الكون من منظور العالم التجريبي لوك شبيهًا بالكون من وجهة نظر نيوتن؛ حيث رآه كل منهما على أنه نظام ميكانيكي مؤلف من أجسام مادية. وتكون هذه الأجسام في صورة جزيئات أو ذرات. وقد سيطرت فكرة أن العالم شبيه بآلة وأنه يمكن إدراكه والتنبؤ به، وإن كان يتسم بالتعقيد، على الأوساط المختلفة للعلم. ولم يتحد أحد هذا التصور إلى أن جاء التحدي الحقيقي له بعد فترة زمنية طويلة (١٩٢٧).

إسهامات كريستيان هايجنز في مجال الضوء

١٦٩٠ م

اشتهر كريستيان هايجنز بالفعل نتيجة عمله الذي قام به باستخدام الساعات والميكروسكوبات (١٦٥٦) حينما قدم من هولندا إلى إنجلترا في عام ١٦٨٩ لمقابلة إسحاق نيوتن. فقد كان هايجنز من أشد المعجبين برائعة نيوتن المتمثلة في كتابه المعروف Principia على الرغم من اعتقاده أن تصور نيوتن بأن قوى الجذب تتخلل خلال الفراغ غير منطقي. وكواحد من أتباع ديكارت (١٦٤٤)، كان هايجنز في حاجة إلى بعض التفسيرات الميكانيكية المعقولة. هذا، وقد ساعد عمل هايجنز المتعلق بالقوى المؤثرة على الجسم المتحرك في دائرة نيوتن في تصنيف أفكاره.

على الرغم من أن هدف كل من نيوتن وهايجنز كان واحدًا، فإن هناك اختلافًا بينهما فيما يتعلق بطبيعة الضوء. لقد شرح نيوتن (في عام ١٦٧٢) بالفعل نظرية الجسيمات الضوئية: أي أن شعاع الضوء عبارة عن سلسلة من الجسيمات الدقيقة. وقد تناول نيوتن هذه الفكرة بمزيد من التفصيل في كتابه Opticks في عام ١٧٠٤. ولقد استقى هايجنز أفكاره من ديكارت وأيضًا من فرانسيسكو جريمالدي (١٦٦٥) ومن كل من نيوتن ومنافسه روبرت هوك. وفي كتابه Micrographia الذي صدر عام ١٦٦٥، قام هوك بوضع النظرية الموجية للضوء. تنص هذه النظرية على أن الضوء عبارة عن سلسلة من الموجات مثل الأمواج الموجودة على سطح بركة مياه.

عند عودته إلى هولندا مرةً أخرى، دوّن هايجنز الأفكار التي كان يتبناها لعقد من الزمان. وفي كتابه Treatise on Light الذي صدر عام ١٦٩٠ أوضح أن الفكرة الموجية للضوء قد تفسر العديد من الأشياء عن الضوء، من بينها أن الألوان تتم رؤيتها في طبقة زيتية على سطح الماء؛ ومنها أيضًا فكرة انعكاس الضوء من المرآة وانكسار الضوء من العدسات والمنشور. هذا، وتقوم الأمواج في المياه بالشيء نفسه أو بشيء مماثل له. لذلك، كانت هذه النظرية مقبولة ومسلم بصحتها. ولقد طبقت طرق هايجنز على قوانينه التي ما زالت تدرس حتى الآن.

مع كل هذا، فإن هذه النظرية الموجية لم تفسر كل شيء تمامًا كما هو الحال في نظرية نيوتن. ففي الحقيقة، تعرضت نظرية نيوتن بالفعل لبعض المآخذ التي تتمثل في افتراضه أن الجسيمات تقوم بعمل موجات في وسط غامض يطلق عليه اسم "جهاز التهوية النفاخ" ولكن، كانت محاولته تلك شبيهة بمحاولة نظيره الفرنسي ديكارت بشأن "المادة الدقيقة" (١٦٤٤) أو "الأثير" التي طالما حاول علماء الفيزياء في القرن التاسع عشر اكتشاف حقيقتها، لكن دون جدوى (١٨٨٧).

لكل نظرية نقاط قوة ونقاط ضعف. لكن، في كلتا الحالتين، كان نيوتن بالفعل هو العالم الأكثر تأثيرًا في هذا الوقت، وذلك بفضل عمله الشهير باسم Principia. ولقد سادت أفكاره، بما في ذلك نظريته عن الضوء، وأصبحت منتشرة على نطاق واسع. ومع هذا، فإن كلاً من نظريتي نيوتن وهايجنز عن الضوء لم تحققا أي نجاح واضح. واعتقد الناس بعد ذلك أن كلاً من الضوء ومصادر الإشعاع الأخرى يمكن رؤيتها في صورة إما موجات وإما جسيمات؛ ويعتمد ذلك كله على الظروف المحيطة. وقد ظل ذلك الجدل مثارًا حول تلك النظريات حتى القرن العشرين (١٩٠٥).

قانون هايجنز

ينص هذا المبدأ على أنه يمكن اعتبار كل نقطة تقع على طول خط الموجة الأمامية – التي قد تكون في صورة خط مستقيم أو على هيئة قوس دائرة، مصدر الموجات الثانوية التي يحدد تداخلها مسار الموجة الأمامية في زمن لاحق.



١٧٠١ -١٧٥٠

أوضاع العالم في تلك الفترة

في أوروبا، كانت بداية القرن الثامن عشر أشبه كثيرًا بنهاية القرن السابع عشر؛ حيث انتهى هذا القرن بسلسلة من الحروب التي تورطت فيها أغلب الدول. ومع ذلك، فقدت هذه الدول روح الحماس الديني. وكانت هذه الدول إقليمية وذوات علاقة بسلالة حاكمة بعينها وكانت تسعى جميعها لمعرفة من سيعتلي العرش. هذا، وقد احتدم الصراع على الخلافة، فحدثت بعض الحروب مثل: الحرب الأسبانية على الخلافة عام ١٧٠٢ والحرب البولندية على الخلافة عام ١٧٣٣ والحرب النمساوية على الخلافة التي حدثت عام ١٧٤٠.

تجدر الإشارة إلى أن المستفيد الأكبر من هذه الحروب هو ولاية بروسيا الألمانية؛ حيث ظفرت هذه الولاية بالإقليم والموارد التي قد تجعلها أساس المستقبل في ألمانيا؛ حيث سيكون العلم في أوج صوره.

فنون وأفكار

كانت الموسيقى في أيدي عظماء ملحني فن الباروكي مثل: الموسيقار الألماني جوهان سيباستيان باخ (الذي قام بتأليف بعض الألحان الموسيقية، مثل لحن Brandenburg Concertos عام ١٧٢١ ولحن Christmas Oratorio الذي قام بتأليفه عام ١٧٣٤) والموسيقار الإنجليزي/الألماني جورج فريدريك هاندل (الذي قام بتلحين مقطوعة موسيقية Messiah عام ١٧٤١ ومقطوعة أخرى باسم Royal Fireworks Music عام ١٧٤٩) والموسيقار الإيطالي أنطونيو فيفالدي (الذي قام بتلحين مقطوعة موسيقية عنوانها Four Seasons عام ١٧٢٥) إلى جانب الموسيقار الألماني الرائع جورج تاليمان. ولقد تم عرض اللحن الموسيقي Beggar's Opera للشاعر جون جاي لأول مرة في عام ١٧٢١. ولقد قام صانع الآلات الموسيقية الإيطالي بارتولوميو كريستوفوري بعمل أول بيانو في عام ١٧٠٩ وذلك باستخدام المطرقة بدلاً من استخدام أسلاك البيانو. كما ظهر البوق الفرنسي لأول مرة في أوركسترا تقريبًا في الوقت نفسه.

أما في حقل الفكر، فقد كان الكاتب الإنجليزي دانيال ديفو (صاحب رواية Robinson Crusoe عام ١٧١٨) وجوناثان سويفت (صاحب رواية Gulliver's Travels عام ١٧٢٦) من أولئك الذين قاموا بتأليف روائع أدبية خالدة. هذا، وقد كان العمل الذي قدمه الكاتب الفرنسي تشارلز دي مونتيسكيو الذي صدر باسم Persian Letters في عام ١٧٢١ أول عمل أدبي يبث مبادئ مرحلة التنوير. ولقد نشر الكاتب الأمريكي بنجامين فرانكلين أول كتاب له بعنوان Poor Richard's Almanac في عام ١٧٣٢. ولقد قدم بعض الكتاب بعض الروايات الرائعة لأول مرة، ومنهم الكاتب الفرنسي أنطوان بروفوست (صاحب رواية Manon Lescaut في عام ١٧٣١) والكاتب الإنجليزي هنري فيلدنج (صاحب الرواية المعروفة باسم Tom Jones في عام ١٧٤٩). وفي عام ١٧٠٢، ظهرت أول مجلة عالمية باسم Daily Courant في لندن.

بالإضافة إلى ذلك، تم إنشاء مركز الباليه الروسي الفخم في مدينة سان بيترسبورج في عام ١٧٣٨. ولقد قام الكاتب المسرحي الإيطالي كارلو جولدوني بعرض مسرحيته الكوميدية الكلاسيكية The Servant of Two Masters في عام ١٧٤٤.

وبالنسبة للفن المعماري، فقد تطور فن الباروكي إلى فن الركوك بزخارفه الرائعة وأشكاله اللولبية. وقد عبر كل من خزف السيفر المصنوع في فرنسا والأثاث الشيبندالي المصنوع في إنجلترا عن الروح نفسها في أوساط أخرى. هذا، وقد بدأ النحات الإيطالي نيقول سالفي في تصميم النافورة الشهيرة تريفي في عام ١٧٣٢. وبعد ثلاثة أعوام، أنتج الرسام والنحات الإنجليزي وليم هوجارث النقوش الرائعة التي تسمى A Raske's Progress.

آلية الطبيعة

لم يسيطر عالم بعينه من العلماء بأفكاره على بداية القرن الثامن عشر في مجال العلم مثلما فعل إسحاق نيوتن في الخمسين سنة السابقة وكما هو الحال بالنسبة للعالم أنطوان لافوازييه في النصف الثاني من القرن الثامن عشر. فقد كانت هناك عقول بارزة تفكر في العديد من البلاد في وقت واحد. لكن، ربما كان أدموند هالي عالم الفلك المبدع الإنجليزي هو الأول بين أمثاله من العلماء؛ وذلك بفضل دراساته التي أجراها على المذنبات وحركة النجوم والمغناطيسية الأرضية.

ركز علماء الطبيعة على دراسة الحرارة والكهرباء. وفي هذا الشأن، جعلت الترمومترات دقيقة اكتشاف الحرارة النوعية والكامنة أمرًا ممكنًا في النصف القادم من هذا القرن. وباستخدام العديد من الآلات الدقيقة لتوليد الكهرباء، تم اكتشاف طرق لتوصيل الكهرباء وتخزينها. ووضعنا أفكارنا الأولى عن المقصود بالكهرباء.

لقد تم اكتشاف طريقتين جديدتين في علم الكيمياء. تعد الطريقة الأولى من أكثر الطرق قيمة. أما الطريقة الثانية، فهي خطوة نحو التقدم. كما أن اختراع طرق لتجميع الغازات بعض الدراسات عليها أدى إلى تقدم هائل في هذا المجال بعد عام ١٧٥٠. أما نظرية العنصر الملتهب، فقد منعت ثلاثة أجيال من الكيميائيين من رؤية الأشياء على حقيقتها. ولقد تم طرح سؤال: لماذا تتفاعل المواد الكيميائية؟ ولم تتم الإجابة عنه. وفي علم الأحياء، مهد كارل لينين الطريق للعلماء لتصنيف الكائنات الحية بطريقة منهجية. ليس هذا فحسب، وإنما كانت هناك مجموعة أخرى من العلماء البارزين، ومنهم الباحث ستيفن هالس الذي قام بعمل دراسات حديثة في علمي الفيزياء والكيمياء عن كل من النباتات والحيوانات.

من ناحية أخرى، أُثير جدل كبير حول شكل وعمر الأرض. وقد تمت تسوية الأمر بشأن شكل الأرض بأنها كروية الشكل وقد اتفق الجميع على ذلك. أما بالنسبة لعمر الأرض، فقد كان الجدل في بدايته. وخارج نطاق كوكب الأرض، بدأ علماء الفلك يتخيلون وجود نظم أخرى للنجوم بجانب النظام الكوني المعروف. وتوجه كل من علمي الفيزياء والكيمياء نحو علم الأحياء. ولقد وجد الباحثون أنه من المهم جدًا أن ينظر للنباتات والحيوانات في أوقات مختلفة كآلات أو كمواقع للتفاعلات الكيميائية.

هذا، وقد كانت الحاجة إلى أجهزة قياس من أهم التصورات الجديدة على الإطلاق. إذ قد يتقدم العلم بشكل أفضل عن طريق القيام بوصف دقيق وتفصيلي عن الظاهرة، ولا يكون ذلك مجرد وصف عابر؛ وإنما ينطوي أيضًا على عملية قياس دقيقة. ويحتاج هذا الوصف الدقيق إلى أجهزة قياس مناسبة. ويشمل هذا التحدي العلمي الجديد تحديد موقعنا على سطح كوكب الأرض. ولقد تم حل المشكلة الخاصة بدوائر العرض. لكنه، لم يتم الوصول إلى حل بشأن مشكلة خطوط الطول حتى بعد عام ١٧٥٠.

اختراع نيوتن ودانيال فارنهايت لترمومترات أفضل

١٧٠١

يعد القرن الثامن عشر في مجال العلم هو القرن الذي يمتاز باكتشاف العديد من أجهزة القياس والقيام بعمليات قياس مختلفة. فقد بدأ الباحثون إدراك مدى أهمية كل من القياس والملاحظة. ونتيجة ذلك، قاموا بتطوير أجهزة قياس جديدة حتى تفي باحتياجاتهم وأغراض البحث والقياس.

لعل الدراسات التي أجريت من أجل قياس الحرارة ودرجة الحرارة توضح تمامًا مدى أهمية تلك العملية. ولقد سلك نيوتن – وهو واحد من أعظم العلماء في هذه الفترة هذا السبيل مرةً أخرى. وفي عام ١٧٠١، قام نيوتن بعمل أول ترمومتر عملي. ولقد قام أيضًا بتطوير نماذج الترمومترات السابقة عن طريق تحديد "نقاط ثابتة" على مقياس يمتد بطول الأنبوبة الزجاجية محكمة الغلق ومفرغة من الهواء (وقد قام نيوتن باستخدام الزيت، أما الغاز والماء والكحول والزئبق فقد تم استخدامهما من قبل). ولقد اختار نيوتن درجة الحرارة التي يتجمد عندها الماء لتكون أقل نقطة ثابتة؛ بينما جعل درجة حرارة جسم الإنسان أو الدم – التي تكون ثابتة تقريبًا – أعلى درجة ثابتة. كما تم تقسيم المسافة بين هاتين النقطتين أو العلامتين في الترمومتر بالتساوي إلى درجات.

فضلاً عن هذا، تم ربط اسم العالم دانيال فارنهايت – الذي ولد في بروسيا – بأجهزة قياس درجات الحرارة حتى وقتنا هذا. ولقد قام فارنهايت باستخدام كل من الكحول والزئبق في الترمومترات الخاصة به، ولكن منذ حوالي عام ١٧١٤، اعتمد على استخدام الزئبق حيث يستطيع الزئبق قياس نطاق أكبر من درجات الحرارة. وبالنسبة لدرجات الحرارة الثابتة على أي ترمومتر، قام فارنهايت بتحديد درجة الحرارة الخاصة بذوبان الجليد (٣٢ درجة على هذا المقياس) ودرجة حرارة غليان الماء (٢١٢ درجة). وقام فارنهايت بتقسيم المسافة الفاصلة بينهما إلى ١٨٠ درجة بالتساوي. ولم يتضح السبب في اختيار هذه الأرقام في حد ذاتها. أما نقطة الصفر على مقياسه، فقد تم ضبطها بوجه عام على أقل الدرجات التي قام باختبارها في أمستردام حيث استقر.

بالإضافة إلى ذلك، قام فارنهايت باستخدام نماذج الترمومترات التي قام بتطويرها من قبل لتحديد النقاط التي تصل عندها السوائل المختلفة لدرجة الغليان؛ معتقدًا أن هذه

الدرجات ثابتة. وحديثًا، تم استبدال مقياس درجة الحرارة الخاص به بمقياس سلسيوس لدرجة الحرارة أو بالمقياس المئوي للحرارة (عام ١٧٤٢)، ولكن ظل الأمريكان وغيرهم من بلدان أخرى يستخدمون هذا المقياس. نيوتن ← (١٧٠٤)

إسهامات جيبوم آمونتونز في تعيين الصفر المطلق

١٧٠٢

كان المخترع الفرنسي جيبوم آمونتونز أصمًا في شبابه، لكنه لم يكن يشعر بأنها تمثل أية إعاقة بالنسبة له وإنما ساعدته على التركيز على علمه دون أن يشغله أي شيء. وإلى جانب معرفته بعلوم الفيزياء والرياضيات وحركة الأجرام السماوية بالإضافة إلى الرسم ومسح الأراضي والهندسة المعمارية، فإنه كان يكسب قوت يومه من خلال عمله كموظف حكومي في قسم الخدمات العامة.

فنجد أن عشرات الأفكار المهمة قد تدفقت من هذا العقل المفكر. ولقد اشتملت هذه الأفكار على نوع من التلغرافات الفلكية، إلى جانب الرسائل التي تم إرسالها من خلال وميض ضوء لامع مرئي من خلال تليسكوب يستخدمه عامل التلغراف في المحطة القادمة في شبكة الاتصالات. ولقد قام آمونتونز بتوضيح هذه الفكرة لملك فرنسا؛ ولكنه لم يتبنَ تنفيذها على أرض الواقع. كما أنه قام بتطوير ساعة مائية، وقد كانت هذه الساعة عبارة عن بارومتر يمكن استخدامه في البحر؛ حيث إنه لا يحتاج إلى الزئبق. كما قام بتطوير جهاز لقياس درجة الرطوبة في الهواء باستخدام مادة يمكنها أن تتمدد أو تنكمش عندما تمتص أو تطلق بخار الماء.

هذا، فضلاً عن أن آمونتونز كانت له إسهامات عديدة فيما يتعلق بالترمومتر؛ حيث إنه قام بتطوير النموذج البدائي لجهاز الترمسكوب المملوء بالهواء التقليدي الذي قام جاليليو باختراعه في عام ١٥٩٣ لقياس درجة حرارة أو برودة الأشياء. فقد كان الهواء الذي يملأ الأنبوبة يتمدد أو ينكمش لا بواسطة الحرارة فقط وإنما أيضًا بفعل ضغط الهواء الخارجي. لكن، آمونتونز ابتكر طريقة لتصحيح هذه الفكرة. وفي هذا الوقت، لم يكن أحد قد اخترع بعد مقياسًا لدرجة الحرارة، ولم يكن هذا الجهاز التقليدي دقيقًا بالدرجة الكافية حتى يمكن استخدامه في معظم الأبحاث العلمية. ومع هذا، مكن هذا الجهاز العبقري آمونتونز في

عام ١٧٠٢ من التوصل إلى اكتشاف مهم بشرط ألا يتغير ضغط الهواء الخارجي وأن يغلي الماء دائمًا عند درجة الحرارة نفسها.

هذا، وقد لاحظ آمونتونز أيضًا أنه إذا لم يتغير حجم الغاز وظل كما هو عن طريق ضبط كل من درجة الحرارة والضغط، فإن كلاً من درجة الحرارة والضغط سيرتفعان وينخفضان تدريجيًا. وهذا يوضح أنه إذا انخفضت درجة الحرارة بشكل كافٍ، فإن الضغط سينخفض حتى يصل إلى درجة الصفر. وهنا كانت تلك أول إشارة إلى أنه قد تكون هناك درجة حرارة منخفضة لا نستطيع تحملها وتسمى "الصفر المطلق". ولقد عاش آمونتونز حوالي مائة وخمسين عامًا ظل خلالها في طليعة العلماء في تلك الفترة (١٨٤٨).

الاستخدام المعقد للبوصلة اليومية

١٧٠٢

على مدى قرون، حرر الاستخدام المتزايد للبوصلة المغناطيسية من أجل الإشارة إلى الشمال البحارة من الاعتماد على المعالم الساحلية وجعلهم يتجهون نحو الشرق والغرب عبر المحيطات المجهولة. لكنه، اتضح من هذه الرحلات البحرية أن البوصلة غير موثوق بها ولا يمكن الاعتماد عليها في كل الأحيان. حيث قد تنحرف الإبرة أحيانًا قليلاً وأحيانًا أخرى تنحرف كثيرًا للشرق أو للغرب من الاتجاه الشمالي الموضح بواسطة موقع الشمس في وقت الظهيرة.

في هذا الشأن، قام عالم الفلك الإنجليزي هالي بنشر انحرافات البوصلة لأول مرة في خريطة في عام ١٧٠٢ باستخدام المقاييس التي استخدمها بنفسه في أثناء إبحاره في المحيط الأطلنطي على متن سفينته الصغيرة لمدة سنتين. ولقد شملت المغامرة تفادي الجبال الجليدية في أثناء الضباب في سفينته الصغيرة. وباستخدام مثل هذه الخريطة، يجب أن يكون القباطنة قادرين على تصحيح قراءات البوصلة وتحديد الموقع الصحيح المراد الوصول إليه.

هناك مشكلة أخرى تتعلق بالبوصلة. ففي عام ١٦٣٥، وضح هنري جليبراند أن التغير المغناطيسي الذي يطرأ على البوصلة ليس ثابتًا وإنما يتفاوت تدريجيًا مع الوقت. ولذلك، فإنه لا بد أن يتم تعديل هذه الخرائط كل بضع سنوات لتصحيح الأخطاء المتزايدة. بالفعل، كان هذا التغير المغناطيسي بمثابة الأمل الذي تعلق به كل من هالي وآخرين غيره؛ إذ يوضح موقع السفينة بمجرد تحديده خاصةً بعد ما بدت مشكلة خطوط الطول من المشكلات الصعبة (١٧٦٥).

هذا، وقد كانت هناك مشكلة أخرى؛ ألا وهي: كيف تتغير القوة المغناطيسية لكوكب الأرض بهذه الطريقة؟ فلا يوجد قضيب مغناطيسي يقوم بذلك. اقترح هالي أن الأرض تحتوي على عدد من الطبقات المنفصلة وكل طبقة على حدة تكون ممغنطة. وبينما تدور هذه الطبقات ببطء مع بعضها البعض، ينحرف المجال المغناطيسي للكرة الأرضية. ولم يكن هذا التفسير صحيحًا في التفاصيل، ولكنه حدد الموقع الأصلي للمجال المغناطيسي وعمقه المتغير خلال الأرض.

زادت الأمور تعقيدًا وتصاعدت العديد من المشكلات في عام ١٧٢٤. ولقد اكتشف العالم الإنجليزي جورج جراهام أن إبرة البوصلة تنحرف بمقدار زاوية صغيرة لمدة يوم أو ما شابه ذلك؛ ثم تعود لحالتها الطبيعية مرةً أخرى. وقد لاحظ أندرس سلسيوس في السويد - مخترع المقياس الحراري المبسط في عام ١٧٤٢ - مثل هذا الانحراف في الوقت نفسه الذي لاحظه العالم جراهام في لندن. وسرعان ما انتشرت مثل هذه النتيجة في كل أنحاء العالم وسميت فيما بعد بالعاصفة المغناطيسية.

اكتشف كل من سلسيوس وتلاميذه أن مثل هذه الاضطرابات المغناطيسية تحدث في أثناء ظهور الأضواء القطبية الشمالية أو الشفق القطبي الشمالي. ولقد ارتبط هذا الأمر بفكرة هالي التي وضعها عام ١٧١٦ والتي توضح أن ظهور مثل هذه الأضواء اللامعة الطبيعية كان نتيجة لوجود مجال مغناطيسي بسيط يتفاعل مع مجال الأرض. فكانت التفاصيل أيضًا خاطئة ولكن الفكرة الأساسية نفسها كانت صحيحة.

إسهامات فرنسيس هوكسبي في توليد الضوء من الكهرباء

١٧٠٢

في عام ١٦٦٣، قام العالم الألماني أوتو فون جاريك بإنشاء أول آلة كهربائية لتجميع الطاقات التي نسميها الآن باسم "الكهرباء الساكنة". لكن، كان الباحث الإنجليزي فرنسيس هوكسبي - بعد ٥٠ عامًا - هو من أسهم إسهامًا حقيقيًا في هذا المجال. ففي أحدث أبحاثه وتجاربه المتعلقة بهذه الآلة؛ استخدم الكرة الزجاجية بدلاً من الكرة الكبريتية التي كان يتم حكها بيد الباحث لتوليد شحنة كهربائية.

بمتابعة الملاحظات التي أجريت في السنوات السابقة، قام هوكسبي بتوليد أول ضوء كهربائي في عام ١٧٠٢. ويوضح التقرير السابق أن الزئبق في أنبوبة البارومتر قد يبعث

وميضًا من الضوء حينما يتم هز الأنبوبة. ولقد وضع هوكسبي القليل من الزئبق في أنبوبة محكمة الغلق وقام بتفريغ بعض الهواء منها. بعد ذلك، قام بشحن الأنبوبة عن طريق توصيلها بالآلة الخاصة به. في نهاية الأمر، ذكر هوكسبي أنه قد انبعث من الأنبوبة ضوء كافٍ للقراءة في الحجرة. ولقد زادت هذه الملاحظة من الاهتمام بمجالِ الكهرباء ودوره في حياتنا. ← ١٧٠٩

التأثير الكبير للعالم إسحاق نيوتن

١٧٠٤

لقد قام العالم الإنجليزي العبقري إسحاق نيوتن أخيرًا بإصدار كتابه Opticks في عام ١٧٠٤ بعد أكثر من ٣٠ عامًا من بحثه الرائع عن مسار الضوء. ويرجع سبب تباطؤه في إصداره إلى عام ١٦٧٢. قبل ظهور كتاب Opticks (المكتوب باللغة الإنجليزية بدلاً من اللاتينية)، كان نيوتن رجلاً مشهورًا وذا مكانة مرموقة في كل أنحاء العالم. وعندما كان في الستين من عمره تقريبًا، تخلى نيوتن عن عزلته للدراسة في كامبريدج ليتولى منصبًا في الدار الملكية لسك العملة؛ حيث كان يشرف على تجديد شكل العملة. لقد كان هذا المنصب مهمًا ولقد أخذه نيوتن على محمل الجد. على الرغم من أن الكثيرين من معاصريه قد رأوا أنه يستطيع أن يستغل مواهبه وقدراته في منصب أفضل كثيرًا من ذلك.

كان للعالم نيوتن تأثير عظيم في مجال العلم في معظم الأحيان. كما كان له دور ملحوظ في علم الرياضيات. أما وقت فراغه، فقد كان يكرسه لدراسة علم الأعداد إلى جانب دراسته لعلم اللاهوت والتاريخ المسيحي والبحث في الكيمياء القديمة. وبصفته رئيس للجمعية الملكية، فإن تأثيره ظل ملحوظًا وفعالاً في كل من العلم وسياساته. فقد احتل هذا المنصب لحوالي ربع قرن حتى وافته المنية. ولقد تأكدت مكانته الرفيعة ومهارته في الفروسية في عام ١٧٠٥ – هو أول عالم يكون ماهرًا في الفروسية – على الرغم من مدى أهمية هذه الرياضة بالنسبة لمنصبه في دار السك الملكية.

ظل نيوتن سببًا في إثارة جدل من حوله. فقد توفي خصمه روبرت هوك، ولكن ظل جوتفريد لايبنتز يتحدى نيوتن لقيامه بابتكار حساب التكامل والتفاضل في عام ١٧١٦؛ كما أن عالم الفلك بالمرصد الملكي جون فلامستيد اشتكى أن نيوتن قد قام بنشر بعض بياناته دون وجه حق. ولقد أثرت هذه الخلافات على علماء كثيرين من حول نيوتن، فعلى سبيل

المثال مر ستيفن جراي (١٧٢٩)، وهو أحد أتباع فلامستيد بوقت عصيب حتى يحصل على عضوية الجمعية الملكية بسبب مثل تلك الخلافات.

بالنسبة لحياة نيوتن الشخصية، فإنه لم يتزوج على الإطلاق. وقد قطنت ابنة أخيه – الماهرة والجميلة – معه في منزله في لندن. وعندما توفي عن عمر يناهز الخامسة والثمانين، تم تكريم نيوتن بدفنه في كنيسة وستمنستر. ويعد نيوتن أول عالم يحظى بشرف الدفن في هذا المكان.

إسهامات أدموند هالي فيما يتعلق بالمذنبات

١٧٠٥

منذ زمن بعيد، كان الناس ينظرون إلى الظهور المفاجئ لمذنب ما في السماء ليلاً على أنه نذير شؤم. فعلى سبيل المثال، ظهر مذنب في سماء روما قبل ليلة اغتيال يوليوس قيصر. كما كان ظهور تلك المذنبات سببًا في التنبؤ بحدوث معركة هيستينجز في عام ١٠٦٦ وسقوط إسطنبول في عام ١٤٥٢. وتعني كلمة مذنب نجم مكسو بالشعر وتشير أيضًا إلى رأس المذنب غير الواضحة والذيل الذي تظهره المذنبات؛ حينما تقترب من الشمس.

في عام ١٧٠٥، بدأ عالم الفلك الإنجليزي أدموند هالي يلغي تمامًا فكرة الخوف من المذنبات. ولقد استند هالي في ذلك إلى عمل نيوتن الرائع والمعروف باسم Principia والذي يدين بالفضل كثيرًا لهالي في عام ١٦٨٤. فمسار المذنبات خلال الفضاء يخضع فقط للجاذبية. ولقد أوضح نيوتن كيفية حساب مثل هذا المسار من خلال ثلاث أو أربع ملاحظات على الأكثر. حينما قام هالي بعمل الحسابات المتعلقة بمسار المذنبات التي تمت رؤيتها في أعوام ١٤٥٢ و١٥٣١ و١٦٠٧ و١٦٨٢، كانت النتائج تقريبًا متشابهة. وقد أوضح هالي أن هذه المذنبات ما هي إلا جسمًا واحدًا وقد ظهر في مسار ثابت ثم ظهر مرةً أخرى في عام ١٧٥٩.

توفي هالي مباشرةً عقب إنجازه لما تنبأ به. ومن الجدير بالذكر أن المذنب الأكثر شهرةً الآن يحمل اسمه. والأمر الأكثر أهميةً من ذلك هو أن نيوتن وضح أن المذنبات عبارة عن أجرام سماوية عديمة الحياة تدور حول الشمس؛ وتخضع للقوانين نفسها التي تخضع لها الكواكب. ولم يكن ظهور المذنبات للمرة الثانية أمرًا خارقًا للطبيعة وإنما كان متوقعًا،

ولذلك، لم يكن هناك أي داعٍ للخوف. فقد يصطدم هذا المذنب يومًا ما بكوكب الأرض مما يتسبب في حدوث دمار كبير لم يتوقعه هالي، ولكن في نهاية القرن (في عام ١٧٩٦) توقع العالم الفرنسي بير لابلاس حدوث ذلك. ← ١٧١٨

إسهامات فرنسيس هوكسبي في الخاصية الشعرية

١٧٠٩

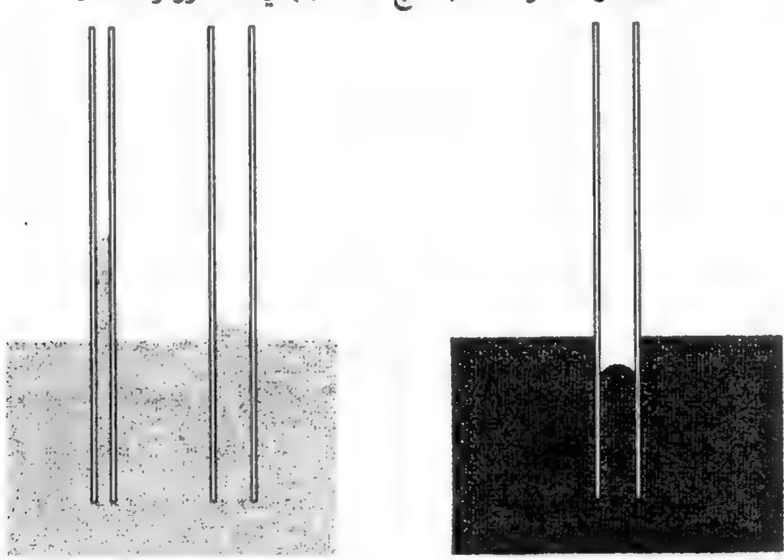
تمتص حزمة من الألياف – ولنقل قطعة من القماش – الماء بسرعة. وقبل اختراع الورق النشاف، فإنه كان يتم تجفيف الحبر الذي يقع على المستندات عن طريق استخدام الرمل الناعم دقيق الحبيبات، ونتيجة لذلك يتخلل الحبر في المسافات الصغيرة بين حبيبات الرمال. والسؤال الذي يطرح نفسه هو: لماذا يحدث هذا؟ فهذا لا يشبه امتصاص السوائل باستخدام أنبوبة في الفم، وإنما قد تحدث هذه العملية عن طريق ضغط الهواء (١٦٤٣). كما من الممكن أن تحدث تلك الخاصية الشعرية في الفراغ دون وجود هواء. لكن، لا بد من توفر عناصر أخرى.

في عام ١٧٠٩، قام الباحث الإنجليزي فرنسيس هوكسبي – الذي انشغل أيضًا كثيرًا بمجال الكهرباء – بوضع تفسيرات تتناسب مع الأفكار الجديدة في العصر. فكان من المعتقد أن المادة عبارة عن جزيئات صغيرة ودقيقة لا حصر لها (ذرات أو جسيمات). كما أن هذه الجسيمات تنجذب إلى بعضها البعض نتيجة لقوى تؤثر فقط على المسافات القصيرة؛ هذا على عكس قوة الجاذبية التي يمتد تأثيرها على الأقل للنظام الشمسي وربما يمتد إلى ما لا نهاية.

بالإضافة إلى ذلك، وضع هوكسبي أفكاره في كتابه Physico-Mechanical Experiments on Various Subjects. ومن تلك الأفكار، أن الجسيمات الموجودة على جدران الأنبوبة تقوم بجذب الجسيمات الموجودة في السائل؛ فتجعلها ترتفع لأعلى في عكس اتجاه قوة الجاذبية. ويكون تأثير هذه القوى ملحوظًا فقط حول حافة السائل؛ حيث تلامس جدار الأنبوبة. لذلك، كلما اتسعت الأنبوبة، احتاج السائل لمثل هذه القوى. نتيجة لذلك، ترتفع السوائل في الأنابيب الرفيعة أكثر من الأنابيب الواسعة. كما أن السطح العلوي لأنابيب السوائل في المنتصف يكون على شكل هلال.

يظهر تأثير الخاصية الشعرية في السوائل؛ حيث إنها تقوم بسحب السوائل داخل أية مادة بها ثقوب صغيرة ولهذه الخاصية تأثير فعال في الطبيعة. فعلى سبيل المثال، توضح

الخاصية الشعرية درجة الرطوبة. ففي عملية النتح (١٧٣٣)، يمكن أن يرتفع الماء من التربة ليصل إلى أعالي الأشجار التي يبلغ ارتفاعها حوالي ٥٠ مترًا أو أكثر فوق مستوى سطح الأرض من خلال أنابيب رفيعة ودقيقة (نسيج الخشب) في الجذور والسيقان.



يرتفع الماء لأعلى كثيرًا في الأنبوبة الأضيق. وينحني السطح الهلالي لأسفل.

مستوى الزئبق أقل في الأنبوبة الضيقة. وينحني السطح الهلالي لأعلى.

في الدراسات التي أجراها هوكسبي فيما يتعلق بالخاصية الشعرية، فإنه توصل إلى أن الماء يرتفع أكثر في الأنبوبة الضيقة عنه في الأنبوبة الأكثر اتساعًا. كما أن السطح العلوي للمياه في الأنبوبة (السطح الهلالي) هو الحد الأدنى في المنتصف. والحال في الزئبق مختلف؛ حيث إن جزيئات الزئبق تنجذب بشدة لبعضها البعض أكثر من انجذابها للجسيمات الموجودة على جدران الأنبوبة.

هذا، وتشرح قوى التوتر السطحي التي تؤثر على الخاصية الشعرية ما يحدث بمزيد من التفصيل. إذ تنجذب الجسيمات الموجودة في السائل لبعضها البعض وبالمثل للسطح المحيط. وتعتمد النتيجة على تحديد أي القوتين أشد. فإذا كانت قوة الجذب بين الجسيمات (التوتر السطحي) أكثر شدةً، فسيبتعد السائل إذًا عن الجدار. يقوم الماء الموجود على سطح زيتي بذلك وكذلك الزئبق. ذلك، لأن السطح الهلالي في الزئبق ينحني لأعلى في المنتصف وليس لأسفل. كما أن الزئبق في الأنبوبة الشعرية ينجذب لأسفل وليس لأعلى.

علاقة العالم ليبنتز بالعالم نيوتن

١٦١٧

تأثرت حياة العالم الألماني العبقري جوتفريد ليبنتز بحياة العالم الإنجليزي الشهير إسحاق نيوتن عدة مرات. فمنذ البداية، قام كل منهما على حدة بابتكار الفرع الجديد والفعال من علم الرياضيات الذي نطلق عليه الآن اسم حساب التفاضل والتكامل على الرغم من تناولهما لهذا الفرع بطرق ومناهج مختلفة. ولقد استمر الخلاف - حول من قام باكتشاف هذا العلم ومتى - حتى وفاة ليبنتز في عام ١٧١٦.

بالإضافة إلى ذلك، عارض ليبنتز نظرية نيوتن الكبرى حول النظام الكوني التي فسرها في كتابه Principia (١٦٨٦ - ١٦٨٧). فمن منظور نيوتن، كان العالم ما هو إلا آلة كبيرة تخضع فقط لقوى معينة مثل قوة الجاذبية. كما اعتقد نيوتن أن مثل هذا النظام الكوني متغير؛ فهو عرضة للانهيار أو التلاشي لحين التدخل المباشر من خالقه الذي أبدعه. ولقد رفض ليبنتز هذا التصور الخاطئ وغير السليم عن الكون. واعتقد ليبنتز أنه إذا اعتقدنا أن الكون كامل، فسنرى أنه لن يحتاج إلى تعديل دائم من قبل خالقه ومبدعه. ولقد استغرق الأمر ما يزيد عن قرن بالنسبة للعالم الفرنسي العبقري جوتفريد ليبنتز (١٧٩٦) ليوضح أن النظام الشمسي ثابت حقًا على مر الزمن.

أما التحدي الآخر الذي واجهه ليبنتز فيتمثل في إصرار نيوتن على فكرة الفضاء والزمان المطلقين اللذين يوجدان سواء أكانت هناك أية مادة في الفضاء أم أي أحداث تحدد بدورها مرور الزمن. ولقد صرح نيوتن أن هناك علاقة بين حركة كل الكائنات وبين هذا النظام الشمسي الثابت؛ حتى وإن كانت الشمس دائمة الحركة فيه. وهنا نلمح بعض الإشارات الدينية؛ حيث أشار نيوتن لفكرة الفضاء والزمان المطلقين على اعتبار أنها مركز من مراكز الإحساس في الكون.

لم يجد ليبنتز وآخرون غيره مثل الفيلسوف الإنجليزي جورج باركلي سببًا لأهمية هذه الفكرة؛ فقد رأوا أن الأمر ليس بالضرورة أن يكون كذلك. وبالنسبة لهم، كانت المسافة هي ببساطة مقياس البعد بين الأجسام، أما الزمن فهو مقياس ترتيب ومباعدة الأحداث مثل الدقات المتتابعة للساعة أو أوقات شروق الشمس. وفي هذا الشأن، كانت الحركة النسبية فقط هي القابلة للقياس؛ ونعني بهذه الحركة النسبية حركة جسم واحد مقارنة بجسم آخر.

عـ . وقد استمر الجدل حول فكرة المسافة والزمن حتى القرن العشرين ضمن أفكار أخرى
ـعالم ألبرت آينشتاين ونظرية النسبية الخاصة به (١٩٠٤).

إسهامات أدموند هالي في حركة النجوم

١٧١٨

في كتاب نيوتن المعروف باسم Principia في عام ١٦٨٧، أثبت نيوتن
ـ قوانين الحركة والجاذبية التي يخضع لها كوكب الأرض تنطبق أيضًا
عـى الأجرام السماوية. فمثل هذه القوانين تتحكم في الشمس والكواكب
وأقمارها والمذنبات أي في النظام الشمسي بأكمله.

لكن، ماذا عن النجوم الثابتة التي تقع بعيدًا عن نطاق النظام الشمسي؟ هل تخضع هي
لأخرى لقوة الجاذبية؟ إذا كان الحال كذلك وأنها تخضع لمثل هذه القوة، لماذا إذًا لا تقع
تحت تأثير الجذب المتبادل؟ وردًا على هذه التساؤلات، أجاب نيوتن كالتالي: بالفعل
تخضع هذه النجوم للجاذبية، لكنها تبعد بعيدًا؛ لدرجة أن هذا التأثير لا يكاد يذكر.
ـذلك. فإن مواقع تلك النجوم تتحدد حسب موقعها بالنسبة لنجوم أخرى تدور حولها.

لم ترق هذه الإجابة للجميع. وقبل ما يصبح ثاني رؤساء علماء الفلك بالمرصد الملكي
بحوالي ٦٠ عامًا - أي وهو في الثانية والستين من عمره - قام عالم الفلك (المختص
بالمذنبات) أدموند هالي بمقارنة مواقع الكثير من النجوم في السماء بالنجوم التي تم التعرف
عليها منذ ١٥٠٠ عام من قبل اليوناني بطليموس. وقد اكتشف هالي أن ثلاثة نجوم منها
تتحرك وفقًا لمواقع النجوم القريبة منها. ولقد وضح هالي أن هذه الحركة الذاتية أثبتت أن
النجوم ليست ثابتة وإنما هي عبارة عن أجسام مستقلة بذاتها، مثل الشمس، تتحرك
بحرية في الفضاء وتخضع فقط لقانون الجاذبية. وهنا، بدأ التصور الحديث بشكل الكون.

إسهامات جورج شتال في نظرية العنصر الملتهب

١٧٢٢

تعد الفكرة القائلة إنه حينما تشتعل النيران في أية مادة قابلة للاشتعال،
فإنه تنطلق مادة نارية في الهواء - فكرة قديمة قدم اليونانيين القدماء. كما
أن العناصر الأربعة المكونة للمادة التي ذكرها الفيلسوف اليوناني أرسطو

هي النار والهواء والماء والتراب. ولقد قام العالم الألماني جون جاكوب بيشر بإحياء النظرية التي وُضعت في أواخر القرن السابع عشر وسميت بنظرية العنصر الملتهب (أو اللاهوب) من كلمة يونانية تعني "يحترق". إضافةً إلى ذلك، قام زميله جورج شتال – وهو الطبيب الخاص للبلاط الملكي – بشرح وتفسير هذه النظرية في كتابه المعروف باسم Fundamentals of Chemistry الذي صدر في عام ١٧٢٣.

ظلت هذه الفكرة تسيطر على عقول الكثير من العلماء. ولأكثر من ٥٠ عامًا، قام العديد من الكيميائيين الجدد مثل جوزيف بريستلي وهنري كافندش باستخدام نظرية العنصر الملتهب لتفسير ما يحدث للمادة في معاملهم. فعلى سبيل المثال، توصلوا إلى أنه عند تسخين الرصاص بشدة، فإنه تنتج عن ذلك قشرة لونها أحمر أو طبقة صفراء أو كلس. وطبقًا لهذه النظرية، فإن هذا الكلس هو الرصاص الحقيقي. فالمعدن الرصاصي رمادي اللون عبارة عن مزيج من الكلس والعنصر الملتهب. ولكن نتيجة للتسخين، تم فصل مكوناته.

رغم أن هذه النظرية لا تتناسب على الإطلاق مع الواقع، فإنه لا بد أن تكون قد لاقت إعجابًا حقيقيًا من قبل البعض. ففي القرن السابق، لاحظ بعض الكيميائيين مثل روبرت بويل أنه إذا ما تم تسخين كل من الرصاص والقصدير بشدة ونتج عن ذلك مادة الكلس – (ومن المفترض أن يكون ذلك نتيجة لفقدانهما مادة اللاهوب)، فإنه سيزيد وزن المعدن الناتج في النهاية أكثر مما كان عليه في البداية. ورغم أن مثل هذه المقاييس بسيطة وأولية، فإنها لا تزال تتطلب بعض التفسير.

السؤال الذي يطرح نفسه في هذا الشأن هو: تُرى، كيف يؤدي فقد مادة اللاهوب إلى زيادة وزن المعدن بعد تسخينه؟ بطبيعة الحال، كان العلماء المتخصصون في دراسة نظرية العنصر الملتهب مستعدين للإجابة عن هذا السؤال. فمثل النار عند أرسطو، كانت مادة اللاهوب بالنسبة لهم خفيفة وليست ثقيلة. كما أن لها وزنًا سلبيًا؛ أي حينما تفقد هذه المادة، فإن ذلك يؤدي بدوره إلى زيادة وزن المعادن الأخرى. قد يبدو هذا الأمر غريبًا في يومنا هذا لكن، علماء الكيمياء الحديثة قبلوا تلك النظرية، ونتيجة تخلفت الكيمياء كثيرًا في هذا القرن.

على المدى البعيد، لم تحافظ تلك المحاولات المتقنة من قِبل الكيميائيين على نظرية عنصر الملتهب. فبمجرد ما توفرت حقائق وأدلة واقعية أفضل لدى العلماء، فقدت تلك النظرية مصداقيتها تمامًا. ومع ذلك، لم ينتهِ أمر تلك النظرية إلا عندما قام العالم العبقري أنطوان لافوازييه في أواخر هذا القرن بإثبات أن تلك النظرية لا أساس لها من الصحة على أرض الواقع في عام ١٧٧٥.

إسهامات هيرمان بويرهاف في مجال الطب

١٧٢٤

حينما قدم الطالب الشاب هيرمان بويرهاف لدراسة الطب في جامعة ليدن في هولندا، كان عليه أن يتزود بالعلم والمعرفة من كتب المكتبة، لذلك كان تدريس الطب محبطًا في هذه الجامعة. وعندما تقاعد بويرهاف من الكلية بعد ٥٠ عامًا، قامت جامعة ليدن نفسها بتأسيس واحدة من أشهر مدارس الطب في أوروبا وقد كان بويرهاف من أفضل وأحب معلميها. فقد كان الطلاب - ومنهم أبناء الملوك والنبلاء - يوفدون من جميع أنحاء القارة ليتعلموا على يده وينهلوا من علمه.

لعل الكثير من شهرته ونجاحه يُعزى إلى استناده إلى الأساليب التي كان يستخدمها الطبيب اليوناني البارع أبقراط. فقد كان يصطحب طلابه إلى المرضى حتى يتمكنوا من تشخيص المرض وتقييم أعراضه بأنفسهم. وإذا لزم الأمر، كان يصطحبهم إلى غرفة التشريح. وقد اُقترن اسمه - ضمن كثير من الأشياء - بمتلازمة بويرهاف، التي تعني تمزق في القناة الهضمية نتيجة للتقيؤ في أثناء تناول الطعام وقد تسببت تلك المتلازمة في وفاة هذا الطبيب الذي حظي بإعجاب الناس.

على الرغم من براعته وتميزه في مهنة الطب، التي كانت السبب في حصوله على عضوية الجمعية الملكية في لندن والأكاديمية الفرنسية للعلوم، فقد كان شديد الولع والاهتمام بعلم الكيمياء وكان من أكثر كتبه نجاحًا كتاب Elements of Chemistry الذي صدر في عام ١٧٢٤. وبعد ترجمة هذا الكتاب إلى اللغات الألمانية والإنجليزية والفرنسية، أطلق عليه أول كتاب مدرسي حديث لمادة الكيمياء. وبالطبع، كان هذا الكتاب مواكبًا لتلك الفترة. ومع هذا، لم يستطع هذا الكتاب التنبؤ بالاكتشافات الهائلة التي قد تحدث في هذا العلم على مدى أكثر من ستة أو سبعة عقود. وفي الوقت نفسه تقريبًا (١٧٢٣)، قام العالم الألماني

جورج شتال بتطوير نظرية العنصر الملتهب؛ تلك النظرية التي خضعت في النهاية (١٧٧٥) إلى شعار بويرهاف: "تكمن حقيقة الأشياء في مدى بساطتها".

هذا، ويشتمل كتاب بويرهاف سالف الذكر على وصفة لكيفية استخراج واشتقاق البلورات فاتحة اللون من مادة اليوريا – من البول. وهذا هو أول مركب يُفرز داخل جسد الإنسان ويتم التعرف عليه على الإطلاق. وبعد مرور خمسين عامًا، تم التوصل إلى أن مادة اليوريا تعمل على انبعاث غاز النشادر اللاذع عند تسخينها. وبعد مرور خمسين عامًا أخرى (١٨٢٨)، أدى هذا الاكتشاف إلى تركيب هذه المادة صناعيًا. هكذا، يتم ربط المكونات الحية وغير الحية للطبيعة.

رصد علماء الفلك لأعداد النجوم

١٧٢٥

يعني علم الفلك في اليونان "قياس النجوم". ولقد تم بذل الكثير من الوقت والجهد لحساب وتصنيف النجوم ورصدها. وبمساعدة علماء الفلك المهرة إلى جانب استخدام معدات الرصد الحديثة، زادت أعداد النجوم المعروف مواقعها بالضبط خلال القرن الثامن عشر بشكل هائل. وفي عام ١٧٢٥، قام أول عالم فلك بالمرصد الملكي وهو جون فلامستيد بعمل قائمة تتألف من ٣٠٠٠ نجم. ولقد تم نشر هذه القائمة بعد وفاته. ولقد قام أتباع فلامستيد ومنهم جيمس برادلي – الذي قام بقياس سرعة الضوء (١٧٢٩) – بإضافة ٣٠٠٠ نجم آخر للقائمة السابقة. أما القائمة التي نشرها العالم الفرنسي نيقولا لاسيال في عام ١٧٥٠ فقد كانت تضم ١٠٠٠٠ نجم. ولقد تفوق برادلي عليه حيث نشر قائمة مذهلة تضم ٦٠٠٠٠ نجم في عام ١٧٦٢. ويمكن رؤية أكثر من عشرة أمثال هذه النجوم بالعين المجردة.

من الجدير بالذكر، أن المعلومات الخاصة بالنجوم زادت بشكل مستمر. ففي عام ١٧١٨، اكتشف هالي – هو ثاني رئيس بالمرصد الملكي – أن بعض النجوم الثابتة تتحرك بطريقة نسبية فيما بينها. وفي عام ١٧٨٣، اكتشف العالم الإنجليزي الجنسية والألماني المولد وليم هيرشل – مكتشف الكوكب الجديد أورانوس في عام ١٧٨١ – أن كل النجوم في حالة حركة أو أنها تبدو كذلك؛ حيث تنطلق هذه النجوم من نقطة محددة في كوكبة هرقل الشمالية. ويعد هذا وهمًا؛ ذلك لأن الشمس هي الجسم الذي يتحرك ويدفع كوكب الأرض

أن يسلك الاتجاه نفسه في الفضاء. ومن المفترض أن كل النجوم تتحرك بالطريقة نفسها، أي أنه ليس هناك ما يميز الشمس عن باقي النجوم. والآن ليس هناك أي وجود لمثل ذلك الشيء الذي يسمى بالنجم الثابت.

هذا، وقد ظهر نوع آخر من حركة النجوم. إذ هناك نجوم كثيرة تكون أقرب إلى بعضها البعض من حيث المحاذاة. ولقد أوضح العالم الإنجليزي جون ميشيل (١٧٨٣) البارع في مجالات متعددة أن مثل هذه المحاذاة بين النجوم ليست من قبيل الصدفة، وإنما بالفعل يكون النجمان أقرب إلى بعضهما البعض. ولقد شكل هذان النجمان ما يسمى بالنجم المزدوج بسبب التجاذب المتبادل بينهما. وفيما يتعلق بهذا النجم المزدوج، نجد أن هيرشل يأتي للمرة الثانية في طليعة العلماء. فمن خلال الملاحظة والرصد الفلكي الدقيق على مدى العديد من السنين، توصل هيرشل إلى أن النجم المزدوج في الحقيقة عبارة عن نظام نجمي مؤلف من نجمين يدوران حول بعضهما البعض. والجدير بالذكر هنا أن قوانين كبلر لحركة الكواكب (١٦٠٩) – والتي تفسر حركة الأقمار والكواكب في النظام الشمسي – تشرح أيضًا حركة هذه النجوم المزدوجة؛ كما أن تلك القوانين توضح أنها تخضع أيضًا لقوة الجاذبية.

من النجوم المزدوجة التي اكتشفت في عام ١٦٠٤، نجم يدعى الغول. وقد لوحظ، لقرن من الزمان على الأقل، أن التغيرات السريعة التي تطرأ على درجة لمعان النجم المزدوج تكون نتيجة للخسوف الذي يحدث للنجم الأكثر لمعانًا وبريقًا من هذين النجمين عند مرور نظيره الآخر ذي الضوء الخافت من أمامه. وهكذا، تم تفسير سر آخر من أسرار الأجرام السماوية.

اكتشاف المصدر الأساسي لنمو النباتات

١٧٢٧

ماذا تأكل النباتات؟ بما أن النباتات مثل الحيوانات تنمو وتتطور، فإنها يجب أن تحصل على مصدر غذائها. ولقد زعم الطبيب الهولندي يان فان هلمونت في عام ١٦٤٤ أن الماء هو كل ما يحتاجه النبات لينمو ويكبر. فقد قام بتجربة أعطى فيها لنبات نامٍ ماء فقط لمدة ٥ سنوات. لكنه، لم يحسب كمية الماء التي استهلكها هذا النبات.

استكمالاً للتجربة التي أجريت في هذا الشأن في عام ١٦٩٩، سار الطبيب والباحث الإنجليزي جون وودوارد على المنوال نفسه لهلمونت. إذ قام هذا الباحث بزراعة نباتاته في الماء بدلاً من التربة؛ وقد كان يقوم يوميًا بإضافة كمية محددة تمامًا من الماء. وكانت النتائج مصدمة. فقد كانت كمية الماء التي قام بإضافتها على مدى ثلاثة شهور أكثر كثيرًا من وزن نمو النبات نفسه. فقد كان يتخلل معظم الماء خلال النبات، لكن دون جدوى؛ إذ لم ينمو.

لم يكتفِ وودوارد بما توصل إليه في التجربة السابقة، وإنما افترض أنه إذا كان المصدر الحقيقي لغذاء النبات في التربة – كما اعتقد بالفعل، فإن النبات يكون في حاجة إلى المياه لحمل المواد الغذائية من الجذور ثم إلى السيقان والأوراق. لكن في تجربة العالم هلمونت، ظل وزن التربة ثابتًا، بينما كان النبات ينمو بشكل كبير. من هنا، يتضح أنه ليست التربة ولا الماء هما المصدر الأساسي لغذاء النبات.

أما الإيطالي مارسيلو مالبيجي – مكتشف الشعيرات الدموية الحيوية في الدم في عام ١٦٦١– فقد كان لديه بالفعل اقتراح آخر. فقد ذكر أن أوراق الأشجار الأوروبية تسقط في الشتاء وبعد ذلك، لا ينمو أي جزء من أجزاء النبات بطريقة ملحوظة. ثم يبدأ النبات في النمو في فصل الربيع حينما تتفتح الأوراق. إذًا، هل الأوراق هي مصدر الغذاء بالنسبة لباقي أجزاء النبات؟ لقد ذكر مالبيجي أنه قام بقطع الأوراق الأولى لنبات القرع. ونتيجة لذلك، لم ينمُ هذا النبات على الرغم من توفر كل من المياه والتربة. لم يكن هذا دليلاً مقنعًا بما فيه الكفاية، لكنه أدى إلى ظهور فكرة جديدة.

في ذلك الوقت، كان من المعروف أن أوراق النبات تغطى بالمسام الصغيرة التي يمكن رؤيتها من خلال الميكروسكوب. ولهذه المسام القدرة على الفتح والغلق. ولقد ذكر العالم الإنجليزي جرو (١٦٨٢) وآخرون أن هذه المسام تجعل الهواء والرطوبة يتخللان داخل الأوراق وخارجها. وهكذا، كانت تتلاشى كمية الماء التي كان وودوارد يقوم بإضافتها إلى النبات. والسؤال هو: هل يحصل النبات على هواء من خلال هذه المسام؟

في عام ١٧٢٧، قام رجل الدين الإنجليزي ستيفن هيلز بنشر كتابه المعروف باسم Vegetable Staticks. وقد ذكر ستيفن فيه أنه قام بزراعة نبات في غطاء زجاجي وقد لاحظ أن بعضًا من الهواء المحيط به قد تلاشى بالفعل؛ وكأن النبات قد قام بامتصاص كمية من الهواء. مرةً ثانيةً، قد يكون المقياس هنا بسيطًا، لكنه يوضح أن الهواء أيضًا يدخل ضمن

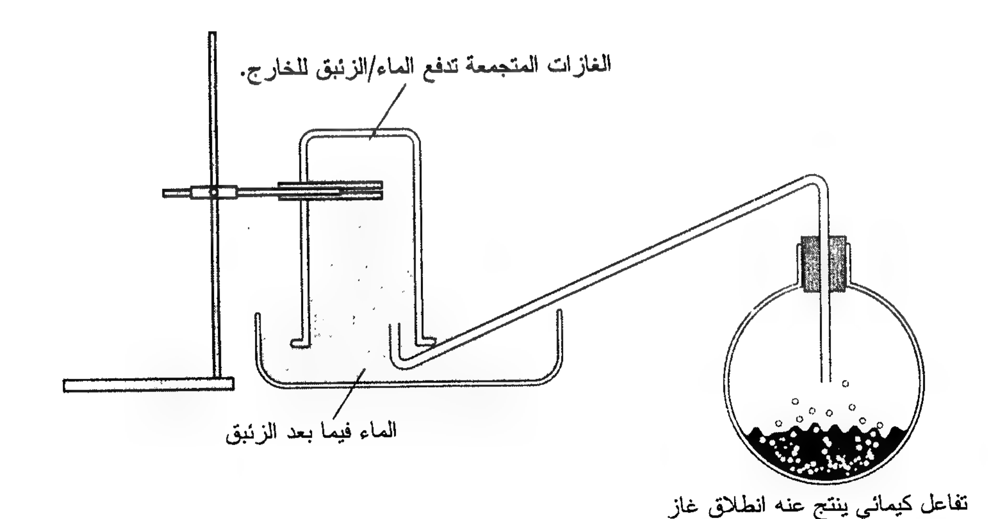
عناصر تغذية ونمو النبات. وبالمثل، قام جوزيف بريستلي في عام ١٧٧١ بتوضيح تأثير النبات أيضًا على الهواء.

إسهامات ستيفن هيلز في تجميع الغازات

١٧٢٧

في تأمله للطبيعة، كان الشغل الشاغل للعالم العظيم أرسطو هو دراسة السوائل والمواد الصلبة، بصورة أساسية الأشياء التي تتمكن من رؤيتها في الطبيعة. وقد قام أتباعه - لألفي سنة - بالشيء نفسه. فالهواء والأبخرة الأخرى من الأشياء غير المرئية التي من السهل تجاهلها. ولقد قام العالم الهولندي يان فان هلمونت (١٦٤٤) باكتشاف أشكال متعددة للهواء وقد أطلق عليها اسم الغازات، ورغم ذلك كانت هذه الغازات في ذلك الوقت لا تؤخذ في الاعتبار كثيرًا. وحينما يتم حرق قطعة من الخشب ثم تصبح رمادًا، فإنه لم يلحظ أحد أي انبعاث للأبخرة. وحينما تصدأ قطعة من الحديد، فإن وزنها يصبح أثقل. ولكن ذلك يحدث لأنه طبقًا لنظريات اليوم، فإنها قد فقدت مادة اللاهوب (ذات الوزن الخفيف). لكن، لم يعتقد أحد أن قطعة الحديد قد أخذت شيئًا من الهواء.

في الواقع، لم يتمكن الباحثون من دراسة الهواء أو الغازات إلى أن تم اكتشاف بعض الطرق التي يمكن من خلالها تجميع هذه الغازات. ولقد حدث ذلك لأول مرة في عام ١٧٢٧ بواسطة رجل الدين الإنجليزي ستيفن هيلز؛ الذي تم تكريمه لبراعته في العلوم الفيزيائية الخاصة بالنباتات والحيوانات في عام ١٧٣٣. وقد قام ستيفن هيلز بتجميع الغازات في برطمان مملوء بالماء ومقلوب؛ وقد ثبت الماء واستقر في مكانه نتيجة لضغط الهواء. وعند تجميع الغازات، فإنها قامت بدفع الماء للخارج تاركةً البرطمان في النهاية مملوء بالغاز الذي يمكن للعلماء إجراء بعض الدراسات عليه. هذا، ويطلق على الجهاز المستخدم في تلك التجربة اسم طست تجميع الغاز، كما ساعد في إتاحة الدراسة التفصيلية للغازات - التي أطلق عليها ثورة الاكتشافات التي تعمل بالهواء المضغوط - مما يمثل عنوانًا مناسبًا للتقدم الهائل في علم الكيمياء.



يعد الجهاز الذي استخدمه ستيفن هيلز في تجربته بمثابة نقطة البداية والانطلاقة بالنسبة للكيمياء الحديثة. فلأول مرة، أصبح من الممكن تجميع الغازات المنبعثة نتيجة العديد من التفاعلات الكيميائية من أجل التوضيح والدراسة.

لم ينجز ستيفن هيلز الكثير بالغازات التي قام بتجميعها؛ ففي الواقع الكثير من هذه الغازات لم يتم التعرف على الخصائص المميزة لها. فحتى الهواء نفسه، كان هناك من لا يزال يعتقد أنه مادة واحدة. وقد قام فان هلمونت باكتشاف غاز سيلفيستر الذي قام جوزيف بلاك بدراسته مجددًا في عام ١٧٥٤. كما لاحظ كل من هيلز ونظيره السابق روبرت بويل (١٦٦١) انبعاث غاز قابل للاشتعال وهو عبارة عن فقاعات تصدر حينما توضع قطع من الحديد في حمض. هذا، وقد تمت دراسة هذا الغاز الذي نطلق عليه الآن اسم هيدروجين بشكل جدي لأول مرة بواسطة العالم هنري كافندش في عام ١٧٦٦. ويختلف هذا الغاز عن الغاز الآخر القابل للانفجار الذي يُطلق عليه غاز الميثان الذي بدأ يسبب بعض المشاكل في مناجم الفحم الجديدة. لكن أخذت عملية اكتشاف غازات جديدة في الزيادة. وخلال ٥٠ عامًا، تم التعرف على عشرات من الغازات المختلفة وهنا انطلقت الكيمياء الحديثة. ← ١٧٣٣

قياس سرعة الضوء (٢)

١٧٢٩

يعد العالم جيمس برادلي - ثالث رئيس للمرصد الملكي (الذي تفوق على هالي في عام ١٧٤٢) عالمًا فلكيًا متميزًا بالمهارات الخارقة والدقة المتناهية. ولقد قام جيمس برادلي باستخدام الميكروسكوب للكشف عن تأثيرات دقيقة وغاية في الأهمية. وقد تمكن من خلال استخدامه لأحد الميكروسكوبات من اكتشاف سرعة الضوء، التي قام العالم دان أوليه رومر فقط بقياسها من قبل في عام ١٦٧٦.

في سلسلة من الملاحظات الدقيقة التي قام بإجرائها بمساعدة أحد زملائه منذ عام ١٧٢٥، لاحظ برادلي أنه في أوقات مختلفة من السنة، تغير بعض النجوم مواقعها المعتادة. ولكي يتمكن من رؤية هذه النجوم بواسطة التليسكوب، كان عليه أن يشير بدقة إلى موقع هذه النجوم والمسار الذي تتخذه. لمزيد من التوضيح، تخيل نفسك تجلس في قطار في أثناء سقوط الأمطار في يوم تذروه الرياح. إذا كان القطار ساكنًا لا يتحرك، فستسقط الأمطار بشكل عمودي على اللوح الزجاجي لنافذته. لكن، إذا بدأ القطار يتحرك، فإن مسار تلك الأمطار سينحرف قليلاً. وكلما كان القطار أسرع في حركته، زاد انحراف المسار الذي يسلكه الرذاذ.

ذكر برادلي أن الإزاحة القليلة جدًا التي لاحظها هي التي جعلته يقارن بين سرعة الضوء وسرعة كوكب الأرض في مداره حول الشمس. فقد أدرك برادلي بالفعل سرعة الأرض. وتقدر المقاييس أن سرعة الضوء تصل إلى حوالي ٣٠٠٠٠٠ كيلو متر في الثانية. ويعد هذا التقدير أكثر دقةً من التقدير الذي وضعه رومر. وبعد نشر برادلي لنتائجه في عام ١٧٢٩، فإنه أطلق على هذه الظاهرة اسم الزيغ الضوئي. ولقد أدلت هذه الظاهرة بالدليل الأول الذي يؤكد أن الأرض تدور بالفعل حول الشمس كما اعتقد كوبرنيكس (١٥٤٣) وكما يعتقد علماء الفلك الآن.

حينما قام برادلي بتصحيح ملاحظاته الخاصة بظاهرة انحراف الضوء، ظلت هناك بعض نقاط الخلاف. وبعد مرور ٢٠ عامًا أخرى، كان برادلي قادرًا على معرفة السبب وراء هذا.

لم يبقَ محور دوران كوكب الأرض ثابتًا في الفضاء، وإنما كان يترنح إلى حد ما في مدار عمره ١٩ عامًا وتسمى هذه الظاهرة تمايل محور الأرض نتيجة لقوة جاذبية القمر.

لقد تمنى برادلي اكتشاف المزيد حول ظاهرة تغير مواقع النجوم. ولعل هذا الاختلاف السنوي في مواقع النجوم نتيجة لتغير وجهات نظر علماء الفلك والقائمين بعمليات الرصد بشأن دوران الأرض حول الشمس. لكن لم يستطع برادلي وغيره من العلماء على مدى ١٠٠ عام بعده ملاحظة هذا الاختلاف. وكان من الصعب اكتشاف الاختلاف الذي يطرأ على موقع أقرب نجم، لأنه كان يبدو صغيرًا للغاية؛ الأمر الذي جعل النجوم تبدو وكأنها أجسام بعيدة جدًا.

إسهامات ستيفن جراي في مجال توصيل الكهرباء

١٧٢٩

قام الصباغ الإنجليزي وعالم الفلك الهاوي ستيفن جراي بتعليم نفسه بنفسه. ورغم أنه كان فقيرًا معظم حياته، فقد كان الكثير من العلماء يقومون بتدعيمه بالمال. فعلى سبيل المثال، خصص له الرئيس الأول للمرصد الملكي فلامستيد معاشًا لمدة محددة، كما منحه الفرصة الكافية للقيام بتجاربه العلمية.

بإجرائه تجارب باستخدام آلة كهربائية في عام ١٧٠٢، توصل ستيفن جراي إلى اكتشاف عظيم. يتمثل ذلك الاكتشاف في أن الشحنة الكهربائية قادرة على جذب الأشياء الخفيفة مثل خصلات الشعر والريش وقطع الورق. ويتم نقل هذه الشحنة من الآلة بواسطة عيدان خشبية أو أسلاك. وفي معظم تفسيراته المثيرة، كان جراي يقوم بنقل هذه الشحنة لأكثر من ٢٥٠ مترًا بطول سلك متين وسميك ورطب بعض الشيء.

نتيجة لذلك، أصبح هذا السلك موصلاً (على الرغم من أن ستيفن جراي لم يستخدم هذا المصطلح). وهناك بعض المواد لا تستطيع الشحنة الكهربائية أن تمر خلالها مثل الزجاج أو خيوط الحرير الجافة وهي في هذه الحالة عوازل جيدة للكهرباء. بالإضافة إلى ذلك، وجد ستيفن جراي أن العوازل فقط مثل الكهرمان والزجاج تعتبر مواد جيدة التوصيل بالكهرباء وقادرة على توليد شحنة كهربائية من خلال حكها بقطعة من القماش. ويعني هذا أن المواد الموصلة للكهرباء مثل المعادن قد لا توصل الكهرباء أحيانًا.

قبل وفاة ستيفن جراي بسبب فقره الشديد، أصبح عضوًا في الجمعية الملكية وقد كان أول من حاز على ميدالية كوبلي. وفي الوقت نفسه، توفي إسحاق نيوتن ولم يعد هناك من يعترض سبيل حلفاء منافسه فلامستيد.

إسهامات كارل لينين في علم التصنيف

١٧٣٠

في عام ١٧٣٠، تم تعيين كارل لينين - الذي لم يكن يبلغ من العمر سوى ٢٣ عامًا - مساعد أستاذ علم النبات في جامعة أبسالا. وهذه هي بدايات عمله في السويد والتي جعلته صاحب شهرة واسعة (منذ أن قام الملك بتكريمه) أو منذ تأليفه معظم كتبه باللغة اللاتينية. بوجه عام، يعود الفضل له في تقسيم النظام الحديث لأسماء النباتات والحيوانات (والذي نطلق عليه علم التصنيف). كما أن نظام كارل لينين في التصنيف لا يزال مستخدمًا حتى الآن، لكن مع بعض التعديلات والتوسعات التي أجريت عليه. فلم يأتِ هذا النظام من فراغ. وكما يقر كارل لينين نفسه، قدم الكثير من العلماء من قبله إسهامات عظيمة في هذا المجال.

من العلماء الذين أسهموا بالكثير في هذا العلم أندريس سيزالبينوس وهو الطبيب الشخصي لواحد من أشهر رجال الدين في ذلك الوقت، إلى جانب كونه أستاذ الطب في جامعة بيزا (وربما يكون قد قام بالتدريس لجاليليو الذي كان طالبًا في مجال الطب في هذا الوقت). ولقد تم إصدار كتابه المعروف باسم De Plantis في عام ١٥٨٣. وكانت هذه أولى المحاولات لتسجيل وتصنيف النباتات منذ زمن بعيد. وقد قام أندريس سيزالبينوس بترتيب النباتات في قائمة من الأسهل إلى الأكثر تعقيدًا. لم يكن هذا الأمر معقدًا ولكنه كان مجرد بداية.

لمدة ٤٠ عامًا، في عام ١٦٢٣، قام عالم النبات السويسري كاسبر بوهين بوضع قائمة تتكون من ٦٠٠٠ نوع من النباتات. وقد أعطى كاسبر بوهين كل نبات اسمًا مزدوجًا (الأمر الذي أدى إلى ابتكار كاسبر بوهين لنظام التسمية الثنائية)؛ الأول منهما سمي فيما بعد بالجنس وتندرج تحته مجموعة من النباتات المرتبطة ببعضها البعض. والثاني هو اسم النوع ويضم النباتات التي تنتمي لهذا النوع من النباتات فقط.

أما العالم الثاني الذي أسهم أيضًا بالكثير في هذا العلم، فهو عالم الطبيعة الإنجليزي جون راي (١٦٦٠). ففي كتابه الذي صدر بعنوان In Historia Plantarum في أربعة مجلدات من عام ١٦٨٦ فصاعدًا، قام بفحص النباتات الموجودة في كل أنحاء العالم وقام بتصنيفها حسب الخصائص المختلفة لها. ونجد أن تعريفه المعروف للنوع بأن: "كل كائن حي يقوم فقط بإنتاج النوع الذي ينتمي إليه" يظل مفيدًا وذا أهمية كبيرة حتى وقتنا هذا.

استخدم راي نظام التسمية الثنائية لتسمية الأحياء الحيوانية والنباتية على حدٍ سواء. فقد أطلق على كل من الأسود والنمور والقطط الأليفة أسماء ثنائية توضح أن تلك الحيوانات ترتبط ببعضها البعض، لكن اسم النوع هو الذي يجعل كلاً منها مميزًا عن الآخر. ظهر نظام راي الخاص بتصنيف الحيوانات في عام ١٦٩٣. ويقوم هذا النظام باستخدام سمات مثل أعداد الأسنان وأصابع القدم لمعرفة أكثر الحيوانات ارتباطًا ببعضها البعض. ← ١٧٥٣

تحديد الموقع (١): معرفة دوائر العرض

١٧٣١

في أوائل القرن الثامن عشر في أوروبا، لم يواجه العلم أو التجارة تحديًا أقوى من مساعدة السفن لإيجاد موقعها في البحر. وقد كان نجاح الرحلات البحرية من خلال السفن المحملة بالثروات الهائلة تعتمد على الوصول الآمن للبضائع، سواء كانت في صورة مواد خام أم بضائع مصنعة، ناهيك عن حياة طاقم السفينة. ولمواجهة مشكلة دوائر العرض، قامت كبرى الدول البحرية مثل بريطانيا وفرنسا بإنشاء مراصد قومية .

لقد واجه عالم الجغرافيا اليوناني العظيم بطليموس تحديًا من كل من العالم كوبرنيكس وأتباعه. لكن، تم بالفعل قبول نظام تحديد المواقع العالمي الذي وضعه بطليموس في كل أنحاء العالم. وينص هذا النظام على أن أية نقطة على سطح كوكب الأرض تقع عند تقاطع خطين وهما: دائرة العرض شرقًا وغربًا في موازة خط الاستواء، ودائرة خط الطول الواقع شمالاً وجنوبًا من قطب لآخر.

في هذا الشأن، كانت محاولة إيجاد دوائر العرض تمثل تحديًا أقل. فبما أن الأرض كروية الشكل؛ فإن السفر شمالاً وجنوبًا يغير من رؤيتك للسماء ويؤثر هذا على مدى ارتفاع الشمس

والقمر أو أي نجم ثابت حيث يرتفع فوق الأفق للشمال أو للجنوب. وعلى مدى قرون؛ قام قباطنة السفن بقياس دوائر العرض الخاصة بالشمس في وقت الظهيرة؛ ثم قاموا بقياس المسافة التي يقطعونها شمال أو جنوب خط الاستواء. ففي عام ١٧٠١، اقترح إسحاق نيوتن أنه باستخدام المعدات المناسبة، يمكن أن تطبق الفكرة نفسها على أي نجم بشرط أن يكون موقعه معروفًا بالضبط. وهذه هي أحد الدوافع للمحاولات التالية لتصنيف النجوم (١٧٢٥).

هذا، وقد كانت الطرق القديمة تتطلب من القبطان (على ظهر السفينة في بحر متلاطم الأمواج) أن يراقب الشمس أو النجم وأجرام سماوية أخرى في الأفق. كما كانت تتطلب منه أيضًا أن يقوم بقياس الزاوية بينها. لقد كان من الصعب عليه أن يقوم بعمل كل ذلك بشكل دقيق. لذا، فإنه في عام ١٧٣٦، قام العالم الإنجليزي جون هادلي بتبسيط الأمور باستخدام جهاز قياس مزود بمرايا داخلية. وهكذا، أصبح الأفق والأجرام السماوية على خط رؤية واحد. وقد كانت عمليات القياس الأولى تقوم بقياس الزوايا حتى ٩٠ درجة (ربع دائرة) أو ٤٥ درجة (ثمن دائرة). ثم استقر بعد ذلك على ٦٠ درجة (سدس دائرة). ومن الجدير بالذكر أن جون هادلي هو الأخ الأكبر للعالم جورج هادلي الذي قام بشرح النموذج الكوني للرياح (١٧٣٥).

أما تحديد خط الطول فقد كان يمثل مشكلةً أكثر تعقيدًا؛ حيث إنه لم تكن هناك طريقة سهلة لاستخدامها. وقد كان الحل النهائي الذي توصل إليه النجار جون هاريسون – الذي ينتمي إلى مقاطعة يوركشير في شمال إنجلترا – لهذه المشكلة في عام ١٧٦٥ بمثابة واحد من أعظم اكتشافات هذا القرن.

إسهامات ستيفن هيلز في مجال القياس

١٧٣٣

كان ستيفن هيلز – المولود في كنت – رجل دين شغوفًا بالعلم ككثيرين من أبناء عصره. وليس من المدهش أن يكون رجال الدين على درجة عالية من التعليم والثقافة؛ فالتعاليم الدينية التي يبثونها تمنحهم فرصة كبيرة للملاحظة والتجريب. كما أن دراستهم للطبيعة كما تبدو من الطرق المناسبة لتعظيم خالق هذا الكون. وقد اتخذ هيلز من الفكرة الأخيرة نقطة انطلاقة لمرحلة أخرى. فقد أيقن هيلز

أن خالق هذا الكون دقيق للغاية في صنعه حيث أبدع صنعه لكل شيء من خلال ملاحظته للنسب الدقيقة لأعداد وأوزان وقياسات كل شيء في هذا الكون.

في عام ١٧٣٣، طبق هيلز فلسفته على دراسة تدفق الدم في جسم الإنسان وغيره من الكائنات الحية الأخرى؛ وهي محاولة لم يقم بها أحد مطلقًا من قبل. وفي كتابه Haemastaticks، ذكر هيلز بعض التجارب التي أجراها من أجل قياس معدل تدفق الدم في الأوردة والشرايين. كما قام هيلز بقياس ضغط الدم في جسم الحصان عن طريق قيامه مباشرةً بتوصيل جهاز قياس بأحد الشرايين. وبذلك، تمكن هيلز من ملاحظة مدى تغير ضغط الدم في حالة الإجهاد، ثم تمكن من حساب كمية الدم التي يرسلها القلب مع كل نبضة.

أما كتابه Vegetable Staticks فقد تناول الطبيعة الفيزيائية للنباتات وفي بعض الحالات صورها كآلات. مرةً ثانيةً، ظل هذا العمل من الأعمال الرائدة إلى أن استحوذت دراسة النباتات على تفكير واهتمام علماء التصنيف والمتخصصين في تصنيع الأدوية العشبية. كما قام هيلز بقياس معدل نمو السيقان والأوراق وقوة الجذور التي تساعد على غرس النباتات في التربة. بالإضافة إلى ذلك، قام هيلز بدراسة حركة الماء من الأرض من خلال الأنسجة النباتية ومن خلال الفتحات الصغيرة الموجودة في الأوراق – المسام – التي تسمى الآن بعملية النتح. كذلك، قبل هيلز الفكرة القائلة إن تأثير الخاصية الشعرية – التي توصل إليها نظيره فرنسيس هوكسبي في عام ١٧٠٩ – يحافظ على حركة الماء.

إسهامات شارل دوفييه وجان نوليت في مجال الكهرباء

١٧٣٣

في عام ١٧٣٠، أصبح اختراع الكهرباء من الاكتشافات العظيمة في كل أنحاء أوروبا. راودت عالم الفيزياء الفرنسي شارل دوفييه وصديقه جان نوليت فكرة عرض تجربته الشهيرة عن الكهرباء على المسرح. وفي هذه التجربة، قام شارل دوفييه بتعليق دمية على شكل طفل فوق السطح بواسطة سلك حرير ثم قام بتوصيلها بآلة كهربائية (١٧٠٢). وهكذا، يمكن لتلك الدمية التي على شكل طفل اجتذاب الأجسام الخفيفة إليها وإصابة كل من يلمسها بصدمة كهربائية.

بطبيعة الحال، كانت هذه التجربة أكثر من كونها مجرد لعبة مسلية. ففي عام ١٧٣٣، قام كل من دوفييه ونوليت بتشجيع الدراسة المتزايدة والمتعمقة للكهرباء؛ وذلك من خلال إعلانهما عن أن هناك نوعين من الشحنات الكهربائية. النوع الأول: يتولد حينما يتم حك الزجاج أو البلور بالحرير. ويطلق على هذا النوع من الشحنات الشحنة الكهربائية الزجاجية. أما النوع الآخر فيطلق عليه اسم الشحنة الكهربائية الراتينجية وهذه الشحنة تتولد نتيجة حك الكهرمان ومواد أخرى (مثل الورق) بنسيج صوفي أو قطني ناعم.

علاوةً على ذلك، اكتشف كل من نوليت ودوفييه حقيقة تفاعل هذين النوعين من الكهرباء. فإذا كان هناك جسمان خفيفان متشابها الشحنة من أي نوع من الشحنات سالفة الذكر، فإن هذين الجسمين سيتنافران. أما إذا كان هناك جسم شحنته كهربائية زجاجية وآخر شحنته كهربائية راتينجية، فإن هذين الجسمين سينجذب كلاهما للآخر. بناءً على ذلك، فإن الأجسام ذات الشحنات المتشابهة تتنافر والأجسام ذات الشحنات المختلفة تتجاذب.

هذا، وقد أثار الكتاب الذي أصدره العالم الأمريكي بنيامين فرانكلين عام ١٧٥٣ ليصف تجاربه التي قام بإجرائها في مجال الكهرباء جدلاً كبيرًا بين العلماء. إذ ذكر نوليت أنه لم يصدق أن مثل هذا الكتاب ذي الجودة العالية قد تم إنجازه في العالم الجديد. وعلى الرغم من ذلك، فإن نوليت لم يتفق مع النتائج التي توصل إليها. فقد اعتقد فرانكلين أن هناك نوعًا واحدًا من الكهرباء وليس نوعان كما ذكر نوليت في كتابه الذي صدر في العام نفسه. وفي محاولة لحسم الخلاف بينهما، قام نوليت بكتابة سلسلة من الخطابات الطويلة لنظيره فرانكلين ثم قام بعد ذلك بإصدارها.

كان نوليت واحدًا من العلماء الذين يفضلون الكتابة للعامة من الناس. كما كان نوليت هو أول مدرس للفيزياء التجريبية في جامعة باريس (وذلك قبل قرن من أن يكون مثل هذا المنصب متاحًا في أية جامعة إنجليزية).

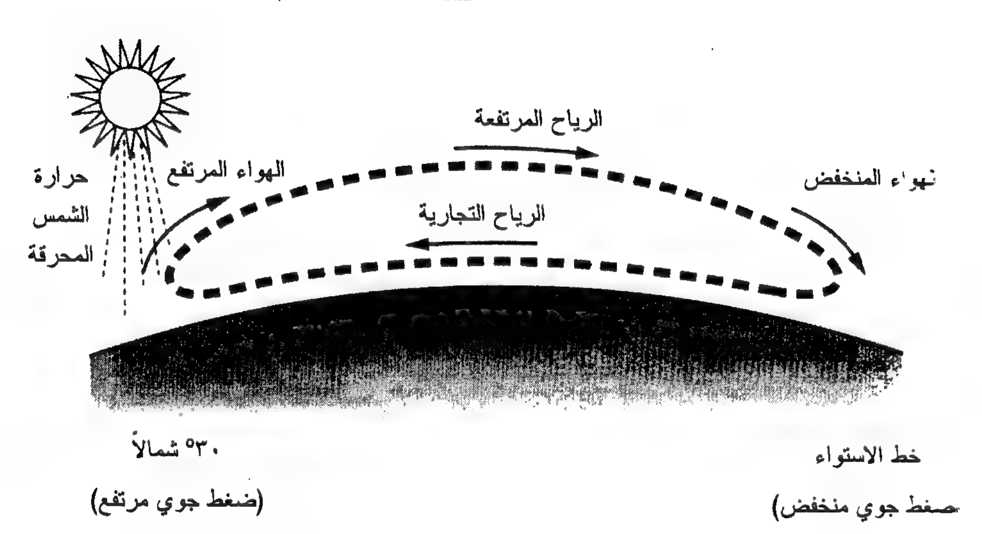
إسهامات جورج هادلي في تفسير الرياح

١٧٣٥

حينما زاد عدد السفن التي أبحرت من أوروبا عبر محيطات العالم بحثًا عن أرضٍ جديدة بشكل هائل، زادت حركة التجارة ونمى وعي النموذج العام لاتجاهات الرياح. وقد قام عالم الفلك الإنجليزي أدموند هالي برسم أول خرائط خاصة بالرياح التي تمر عبر كل أنحاء العالم ووضع أول تفسيرات للأشياء المثيرة بشأن الرياح في عام ١٦٧٦.

أما في عام ١٧٣٥، فقد قام العالم الإنجليزي جورج هادلي بتطوير العمل الذي بدأه هالي. وفي أثناء تفسيره لسبب هبوب الرياح التجارية في اتجاه الغرب كلما اقتربت من خط الاستواء، قدم جورج هادلي أول دليل مهم وقوي (إن لم يكن قاطعًا) عن أن الأرض تدور حول محورها مرة واحدة كل يوم. بالفعل، لقد أثار جاليليو غضب الكنيسة حينما أصر على أن الأرض تدور، لكنه لم يقدم دليلاً حقيقيًا يؤكد صدق ما يقول (١٦٣٣).

في هذا الشأن، ذكر هادلي أن سطح الأرض يتحرك بسرعة أكبر عند خط الاستواء أكثر من الشمال أو الجنوب؛ حيث يكون على أية نقطة تقع بالقرب من خط الاستواء أن تتحرك بشكل أكبر حتى تعود إلى نقطة بدايتها بعد يوم. لذلك، فإن الرياح التي تهب في اتجاه خط الاستواء قد تتحول إلى الاتجاه الأيسر بسبب دوران الأرض وتبدو وكأنها تهب من جهة الشرق كما تفعل الرياح التجارية. وقد سميت هذه الظاهرة فيما بعد بتأثير كوريوليس (١٨٣٥).



إن أعمال خلية هادلي تدفع الرياح إلى المدارات الاستوائية لكوكب الأرض. يرتفع الهواء الساخن بفعل الشمس – القريب من خط الاستواء – ثم يبرد ثم يتجه شمالاً (وجنوبًا) عدة كيلو مترات فوق سطح الأرض. وعند دائرة العرض التي تصل إلى ٣٠ درجة، ينخفض الهواء مرةً ثانيةً ويعود إلى خط الاستواء ليكوِّن الرياح التجارية. إذا لم تدر الأرض، فإن الرياح قد تهب مباشرةً في اتجاه الشمال والجنوب. ففي الحقيقة، تنحرف الرياح عن مسارها بفعل دوران الأرض، ولذلك، فإن الرياح التجارية تأتي غالبًا من جهة الشرق، وتتحول الرياح المرتفعة إلى رياح غربية (١٨٣٥).

يقترن اسم هادلي دائمًا بعمله المشهور باسم خلية هادلي التي تعمل على ربط الرياح التجارية بالرياح المرتفعة التي تهب للعديد من الكيلو مترات بعيدًا عن خط الاستواء. ولربط معدلات تدفق هذين النوعين من الرياح، يرتفع الهواء الساخن عند خط الاستواء ويتدفق شمالاً وجنوبًا فوق سطح الأرض ثم ينخفض حينما يبرد عند تقريبًا ٣٠ درجة شمال أو جنوب دائرة العرض. بالفعل، أدرك هادلي مدى ضرورة وجود هذه الرياح المرتفعة لعمل نظامه الخاص بتفسير الرياح لكنها لم توجد لأكثر من ١٠٠ سنة أخرى.

تحديد شكل الأرض

١٧٣٦

لأكثر من ألفي عام، افترض معظم الناس أن الأرض كروية الشكل. وما يرجح ذلك أكثر بالنسبة لهم هو أن ظل كوكب الأرض يسقط على القمر في أثناء حركة الخسوف. لكن، تُرى هل هي كروية تمامًا؟ أو أنها تشبه أكثر

البيضة، لكنها أطول قليلاً من الشمال إلى الجنوب أو أنها تشبه نبات القرع، لكنه مفلطحة عند القطبين؟

هذا، وقد أدت الملاحظات التي أجريت باستخدام البندول إلى الوصول إلى بعض الأدلة. إذ أن مدى دقة الوقت الذي يستغرقه بندول معروف الطول للتأرجح مرة واحدة يعتمد على قوة الجاذبية. وفي عام ١٦٧٢، وكجزء من تجربة أجريت لقياس المسافة من كوكب الأرض إلى الشمس، توصل جان ريشر – في أمريكا الجنوبية – إلى أن البندول القياسي الذي يدق ببطء شديد هناك مقارنةً بباريس يرجح أن قوة الجاذبية كانت أضعف. بالطبع، كان لدى إسحاق نيوتن تفسير لذلك. ففي كتابه Principia (١٦٨٦)، ذكر نيوتن أن الأرض منبعجة عند خط الاستواء نتيجة لدورانها. ونتيجة لذلك، فإن أية نقطة تقع على سطح الأرض بالقرب من خط الاستواء تبعد عن المركز؛ الأمر الذي يضعف من قوة الجاذبية.

لكن، يبدو أنه حتى نيوتن لم يستطع إقناع الجميع. فالرأي القائل إن الأرض بيضاوية الشكل ظل شائعًا وخاصةً في فرنسا. فيما يبدو أن الجهود التي بُذلت من أجل قياس المسافة التي تمتد عبر الأرض؛ بحيث تعادل درجة واحدة من دائرة العرض قد لاقت قبولاً واستحسانًا في شمال باريس عنه في جنوبها.

مما لا شك فيه، أن مهمة حسم الجدل الدائر حول هذه النقطة كانت صعبة وتحتاج إلى جهود مضنية. فقد استغرقت البعثات الفرنسية في كل من بيرو ولابلاند سنين حتى يتم تنظيمها واستكمالها. إذ استغرقت البعثات التي تم إرسالها إلى بيرو عقدًا من السفر والمعاناة. وتم حسم هذا الأمر في عام ١٧٣٦. فقد غطت درجة دائرة العرض منطقة أكبر في بيرو عنه في لابلاند. لقد كان نيوتن محقًا حينما قال إن الأرض تشبه نبات القرع. واعتمادًا على هذه المقولة، توصل العالم الفرنسي أليكس كلاود كليرت إلى كيفية حساب قوة الجاذبية في أية نقطة على سطح الأرض في عام ١٧٤٣.

هذا، وهناك المزيد من المعلومات بشأن هذا الأمر، فقد ذكر نيوتن أن الأرض منبعجة عند خط الاستواء، وذلك لأنه هو ومعظم الناس منذ زمن كوبرنيكس (١٥٤٣) وحتى عصر جاليليو (١٦٣٣) كانوا يعتقدون أن الأرض تدور حول محورها مرة واحدة في اليوم. ومع ذلك، لم يكن هناك في ذلك الوقت دليل قاطع على صدق ما يُقال. أما الآن، فقد تأكد هؤلاء الناس

ـ نبعاج الأرض وقد تأكدوا أيضًا من أن الأرض تدور حول محورها مرة واحدة يوميًا. وعلى الرغم من أنه لم يكن هناك بعد دليل على ذلك، فإن الأمر أصبح أكثر من كونه مقبولاً ومتفقًا عليه.

إسهامات دانيال برنولي في دراسة حركة السوائل

١٧٣٨

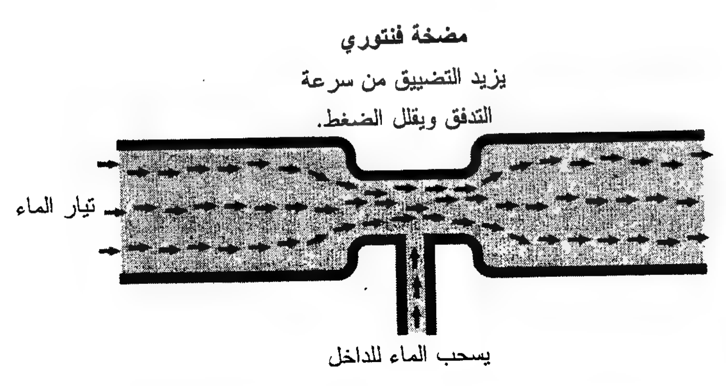
كان دانيال برنولي من أسرة سويسرية عبقرية كان لها الفضل - على مدى ثلاثة أجيال - في إنجاب ثمانية علماء بارعين في علم الرياضيات. وقد كان دانيال برنولي أبرز هؤلاء العلماء؛ لدرجة قد تثير الخلاف والجدل.

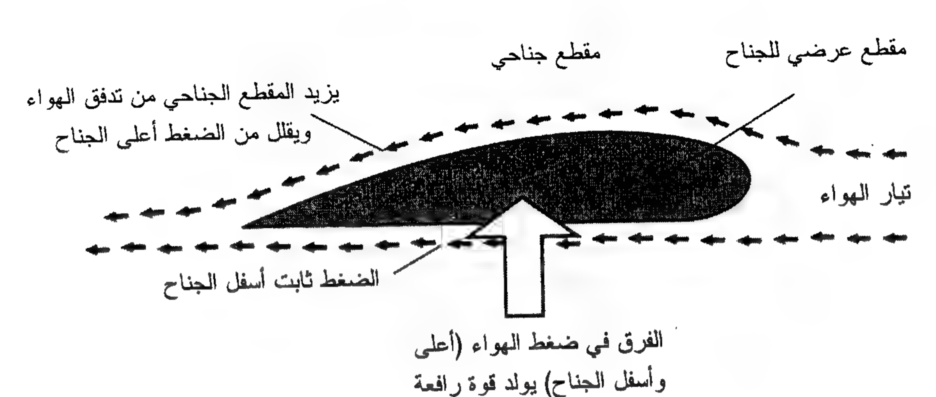
قام دانيال برنولي بعمل بعض الاكتشافات الرائعة فيما يتعلق بالهيدروديناميكا، وهو فرع من علم الميكانيكا يتناول دراسة السوائل وهي في حالة الحركة. وقد قام بنشر هذه الاكتشافات في عام ١٧٣٨. والسائل هو أية مادة يكون بإمكانها التدفق. وهكذا، يُستثنى منه المواد الصلبة ويشمل كل الغازات مثل الهواء والسوائل مثل الماء. وبفضل سيمون ستيفن (١٥٨٦) وبليز بسكال (١٦٥٣)، عرفنا بالفعل أن الضغط في السائل الثابت (وهو موضوع الهيدروستاتيكا - علم توازن السوائل وضغطها) يعتمد فقط على العمق. فكلما وصلت لمكان أعمق، زاد الضغط.

باستخدام قوانين نيوتن للحركة (١٦٨٦)، وجد برنولي أن الضغط يتغير إذا كان السائل في حالة حركة. وكلما تحرك السائل بسرعة، انخفض الضغط. هذا، ويمكن توضيح قانون برنولي بسهولة باستخدام المكنسة الكهربائية. لمزيد من التوضيح، اعكس الوصلات؛ بحيث تقوم بتفريغ الهواء من المكنسة أو تترك كرة طاولة معلقة في تيار الهواء حتى إذا مالت. يذكر برنولي أن الضغط الجوي ينخفض حينما يكون الهواء في حالة حركة. لذلك، فإن الهواء الوارد من الخارج يدخل المكنسة ويحافظ على ثبات كرة الطاولة.

إذا تدفق الهواء أو الماء خلال أنبوبة ضيقة، فإن كلاً منهما يجب أن يتدفق بسرعة (وإلا سيتراجع السائل مرةً ثانيةً). لذلك، فإن الضغط سينخفض حيث موضع الضيق، كما أن الماء أو الهواء يمكن أن يسحبا داخل التيار الهوائي الوارد من الخارج. مثل تلك المضخة التي يطلق عليها اسم مضخة فنتوري يمكن أن تعمل على صرف الماء من قاع مركب ما أو

طرد الهواء خارج هذه الأوعية المغلقة. وهكذا، فإن الانخفاض في الضغط يمكن أن يستخدم لقياس مدى سرعة السائل (أو المركب) في حالة الحركة. ففي الكربوريتور الموجود في سيارتك، يقل الهواء المتدفق بسرعة الضغط فوق الأنبوبة التي تحتوي على البنزين. يتبخر البنزين بسرعة في حالة الضغط المنخفض ويُسحب البخار إلى التيار الهوائي المتدفق المتجه نحو أسطوانة المحرك.





إن كلاً من مضخة فنتوري والمقطع الجناحي ما هما إلا شكلان توضيحيان مفيدان لمبدأ برنولي الذي ينص على أن الضغط في السوائل ينخفض حينما تكون تلك السوائل في حالة حركة.

علاوةً على ذلك، فإن مبدأ برنولي يشرح أيضًا كيفية حفظ توازن الطائرات في الهواء. إن شكل الجناح يجعل الهواء يتدفق إلى أعلى الجناح بسرعة فائقة، ولذلك، ينخفض الضغط أعلى الجناح، في حين أنه لا يتأثر الضغط أسفل الجناح؛ وكأن هذا الفرق في الضغط الواقع أعلى وأسفل الجناح يولد قوة رافعة تكون قادرة على حفظ توازن الطائرة.

الخلاف حول عمر الأرض

ظل عمر الأرض – أو حتى الخلاف حول ما إذا كان لها عمر أو لا – من القضايا المثيرة لكثير من الجدل والخلاف. فقد اعتقد بعض اليونانيين القدماء أن كوكب الأرض والكون المحيط به له عمر غير محدد. لكن، الكنيسة كان لها رأي آخر معارض بشأن عمر كوكب الأرض. ينص هذا الرأي على أن كوكب الأرض قد تشكل منذ حوالي ٤٠٠٠ سنة قبل الميلاد؛ وذلك في ضوء ما ورد في النصوص الدينية وبعض الافتراضات الأخرى. فيما يبدو أن هذا الرأي كان مرضيًا بالنسبة لكثير من علماء الفلك وعلماء آخرين ممن يعتقدون في الكتاب المقدس – وكان معظم هؤلاء العلماء يؤمنون بالكتاب المقدس.

أما عالم الفلك الإنجليزي أدموند هالي فقد كان واحدًا من العلماء الذين فكروا في هذا الموضوع وتناولوه بطريقة مختلفة. فقد ذكر أنه إذا كانت ملوحة البحر التي هي نتاج المعادن التي انجرفت من الصخور بفعل الأمطار وعوامل أخرى للتعرية ثم حملت إلى المحيط بواسطة الأنهار، فإن الأمر قد يستغرق أكثر من ٦٠٠٠ سنة لجعل بحرًا مثل البحر الأبيض المتوسط مالحًا هكذا. أما المهندس الفرنسي هنري جوتيه فقد كانت لديه فكرة شبيهة بتلك الفكرة. إذ قام بقياس كمية بقايا الصخور التي جرفتها الأنهار لتحديد معدل تعرية سطح الأرض. ونتيجة لذلك، أثبت أن عمر الأرض يعود لزمن بعيد.

في عام ١٧٤٠، تناول أيضًا عالم الأحياء الفرنسي المتميز الكونت دو بوفون (١٧٤٩) هذا الموضوع. فقد ذكر أن الأرض كانت عبارة عن كرة مصهورة من الصخور سقطت من الشمس ربما نتيجة لاصطدامها بأحد المذنبات. إذا كان الحال كذلك، فإن الأمر قد يستغرق ٧٥٠٠٠ سنة حتى تبرد – وربما أكثر من ذلك. بالفعل، قام دو بوفون بتخمين ذلك بعد قياس المعدل الذي تبرد فيه الكرات الساخنة جدًا من الحديد. أما سلطة الكنيسة فقد ردت على هذا التحدي بإدانة بوفون وحرق كتبه. وهكذا، انتهى هذا الجدل والذي كان بصدد الاستمرار حتى القرن التاسع عشر (١٨٦٢) وإلى ما بعد ذلك.

إسهامات كاسيني في وضع الخرائط

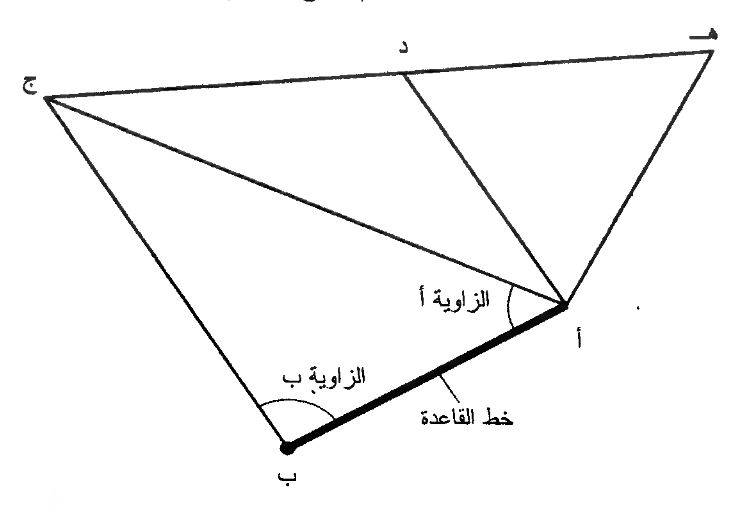
١٧٤٠

بينما قام علماء الفلك - في معظم المراصد القومية الكبرى - في باريس ولندن وفي أماكن أخرى (١٦٦٩) برصد الأجرام السماوية، فإنهم كانوا لا يزالون على سطح الأرض. وكانت المهمة العظيمة في ذلك الوقت تتمثل في الإبحار - أي تحديد مواقع السفن في البحر. لكن باستخدامهم للطرق نفسها التي استخدموها في تحديد مواقع السفن في البحر، فإنه يمكن تحديد بعض المعالم على الأرض بالدقة نفسها (أو بدقة أكثر طالما أن الأرض ثابتة في أثناء عمليات الرصد). أما مواقع المعالم الرئيسية التي يتم تحديدها فلكيًا فترتبط بطريقة المسح لوضع الخرائط الموثوق بها والمفصلة في حالة السلم والحرب.

تعد فرنسا هي أولى الدول التي حاولت إنجاز هذه المهمة الكبيرة. فقد بدأ العالم جيوفاني كاسيني - وهو أول مدير للمرصد القومي في باريس وهو إيطالي المولد - في عمل عدة خرائط، وقد واصل أسلافه - لأربعة أجيال على مدى قرن من الزمان - عمله هذا، على الرغم من أن الحروب والثورات أدت إلى نضوب الموارد. كانت نقطة البداية في عمل الخريطة عبارة عن شبكة خطوط القاعدة التي تربط بين الشمال والجنوب عبر باريس مع بعض الملاحظات الفلكية لتحديد كل طرف من خط القاعدة لهذه الشبكة بدقة. وبعد ذلك، تم إنشاء مجموعة من المثلثات، بحيث يُكوّن كل جانب خطًا قاعديًا لإنشاء النقطة الثالثة لمثلث جديد وهكذا.

بمجرد الانتهاء من هذه المهمة في عام ١٧٤٠، كانت فرنسا محاطة بشبكة تتألف من ٤٠٠ مثلث متشابك. وهنا، كان من الممكن إضافة بعض التفاصيل، مثل: المدن والأنهار والجبال ومعالم أخرى وبذلك، وضعت فرنسا لأول مرة على الخريطة بطريقة صحيحة. وبالفعل، تم وضع نموذج أساسي للخرائط وسرعان ما انتشرت هذه الخرائط عبر بحر المانش الإنجليزي في كل أنحاء أوروبا، بل وفي كل أنحاء العالم. هذا، وقد أوضحت الخرائط الكاملة بعض الأخطاء الجسيمة في الخرائط الأكثر استخدامًا وشيوعًا اليوم، فهي ببساطة عبارة عن خرائط كان يتم نسخها من خرائط أخرى دون فحصها. ولقد لاحظ الملك لويس الرابع عشر أن إعادة تخطيط فرنسا قد كلفه الكثير.

مع مثل هذه الخرائط، كانت هناك حاجة ماسة إلى وجود مقياس أساسي، أي مقياس يربط خطوط الطول ودوائر العرض بالمسافات عبر الأرض. في البداية، كانت هناك حاجة أساسية لقياس دوائر العرض والمسافة الشمالية والجنوبية ما بين النقاط ٥٠ و٥١ من خط الاستواء. وقد كان هذا هو التحدي السابق أولاً لمحاولة تحديد شكل الأرض (١٧٣٦) وبعد ذلك لمحاولة معرفة طول الأمتار حينما تم وضع النظام المتري في نهاية هذا القرن.



لعمل خرائط لدولة فرنسا كلها، قامت عائلة كاسيني بإنشاء شبكة واسعة من المثلثات عن طريق المسح الجغرافي. وحينما بدءوا بتحديد خط القاعدة أب بدقة، لاحظ العلماء أحد المعالم المميزة عند النقطة ج وحددوا المسافة أج و ب ج عن طريق قياس الزوايا أ وب. وبعد ذلك، أصبحت المسافة أج هي خط القاعدة لتحديد علامة أخرى عند النقطة د . ولقد تم استخدام المسافة أد لتحديد الموضع هـ، وهكذا. وفي عام ١٦٧٢، تم استخدام الطريقة نفسها لمعرفة المسافة من كوكب الأرض إلى كوكب المريخ.

أحدث أنواع الترمومترات

١٧٤٢

يعد الباحث الفرنسي متعدد المؤهلات رينيه رومير - المشهور بدراساته في علم الأحياء (الذي اكتشف، على سبيل المثال، مدى فاعلية العصارة الهضمية) من الباحثين المهتمين بفن وعلم قياس درجات الحرارة. وقد استند في عمله في هذا المجال على دراسات إسحاق نيوتن ودانيال فارنهايت (١٧٠١). ولقد تم وضع التدرج القياسي على الترمومتر الكحولي للعالم رينيه رومير لأول مرة في عام ١٧٣٠؛ حيث صفر هي نقطة تجمد الماء و٨٠ هي نقطة غليانه. ولقد تم وضع هذه النقاط

الثابتة بدقة شديدة، ولكن لم يستخدم هذا المقياس على نطاق واسع؛ كما أنه ظل مهملاً لفترة طويلة حتى في فرنسا.

لعل الاسم الأكثر شهرةً الآن في مجال قياس درجات الحرارة هو اسم العالم السويدي أندريس سلسيوس. فقد قام سلسيوس بابتكار المقياس المئوي لدرجات الحرارة في عام ١٧٤٢؛ حيث صفر هي درجة غليان الماء و١٠٠ هي درجة انصهار الجليد. وسرعان ما تم تعديل هذا المقياس ليصبح المقياس المستخدم على نطاق واسع الآن في كل أنحاء العالم. فقد أصبح ترمومتر سلسيوس – وهو عبارة عن أنبوبة زجاجية مملوءة بالزئبق – هو الأكثر استخدامًا في المعامل والأكثر دقةً. وبمساعدة هذه الترمومترات، استطاع جوزيف بلاك (١٧٦١) عمل بعض الاكتشافات المهمة التي يمكن من خلالها التعرف على الحرارة الكامنة والحرارة النوعية. وبحلول السبعينيات من القرن الثامن عشر، وصلت دقة القراءة حتى عُشر الدرجة. وقد لاحظ سلسيوس نفسه أن الماء لا يغلي في الحقيقة دائمًا عند الدرجة ١٠٠. ذلك، لأن درجة غليان الماء وغيره من السوائل ترتفع وتنخفض وفقًا للتغيرات التي تطرأ على الضغط الجوي.

مقاييس الترمومتر والترمومترات النموذجية

	مقياس سلسيوس	مقياس فارنهايت	مقياس رومير	مقياس كلفن
سطح الشمس	٦٠٠٠			
درجة غليان الحديد	٢٧٥٠			
درجة انصهار الحديد	١٥٢٥			
درجات انصهار الذهب	١٠٦٤			١٣٣٧
سطح كوكب الزهرة	٤٠٠			٦٧٣
درجة انصهار الرصاص	٣٢٧			٤٠٠
درجة غليان الماء النقي تحت تأثير الضغط العادي	١٠٠	٢١٢	٨٠	٣٧٣

ـى درجة حرارة هواء مسجلة	٥٨			٣٣١
ـرجة حرارة الجسم العادية	٣٧	٩٨		٣١٠
ـرجة تجمد الماء النقي	٠	٣٢	٠	٢٧٣
ـرجة تجمد الزئبق	٤٠-			٢٣٣
ـرجة تحول الثلج الجاف إلى غاز	- ٧٨			١٩٥
ـقى درجة حرارة هواء مسجلة	- ٨٨			١٨٥
ـرجة غليان الأكسجين	١٨٣-			٩٠
ـرجة غليان الهيدروجين	٢٥٣-			٢٠
ـرجة غليان الهليوم	٢٦٩-			٤
ـصفر المطلق	- ٢٧٣			٠

درجات الحرارة الموجودة على سطح الأرض أو بالقرب منها، في ضوء العديد من المقاييس المستخدمة على مدى أكثر من ٥٠٠ سنة مضت.

إسهامات أبراهام ترمبلي في علاقة النباتات بالحيوانات

١٧٤٤

منذ أيام اليونانيين القدماء، تم تقسيم الكائنات الحية إلى نباتات وحيوانات. تعيش النباتات وتنمو كما تعيش الحيوانات وتنمو ويكون لديها مراكز حسية. بالإضافة إلى ذلك، فإن لديها المقدرة على الحركة بنفسها. أما عن التقسيم الثالث للموارد الطبيعية فيتمثل في المعادن وهي تتطور فقط ولكنها لا تعيش ولا تحس بأي شيء. يبدو كل ذلك بسيطًا لكنه لم يعد من السهل تطبيق مثل هذا التقسيم.

كانت بعض الكائنات الحية المتنوعة التي اكتشفها عالم الميكروسكوب المتميز أنطوان فان لافنهوك (١٦٧٣) في الماء تشبه النباتات. وقد كانت هذه الكائنات تثبت نفسها بشيء ما،

مثل النباتات الأخرى. كما تمتاز بأن لها سيقانًا، كما أن لها شكل الفروع أو الأوراق. ولقد أطلق فان لافنهوك على هذه الكائنات المائية اسم "البولب". كما جذبت هذه الكائنات المائية انتباه العالم الشاب أبراهام ترمبلي؛ الذي كان يعمل كمدرس لأبناء النبلاء في هولندا. كما أن التقرير الذي كتبه هذا العالم في عام ١٧٤٤ عن تلك الكائنات المائية كان عنوانه طويل ومعروف في هذا الوقت: Memoir on the Natural History of a Freshwater Polyp with Arms shaped like Horns. وتحت الميكروسكوب، رأى أبراهام ترمبلي البولب الذي كان على وشك أن يفتك بكائن دقيق ويلتهمه ويضعه في فمه. وفي حالة حدوث أي نوع من الاضطراب في الماء، نجد أن هذه الكائنات الحية الدقيقة تبدو وكأنها تصنع لنفسها أقدامًا كي تساعدها على الحركة.

من الجدير بالذكر أن مثل هذه الحركة المستقلة تكون مناسبة أكثر لحيوان وليس لنبات. لقد تعجب ترمبلي من أن هناك علاقةً مفقودةً بين النبات والحيوان. كما رأى أيضًا أن كائن واحد من البولب يتحول بشكل واضح إلى كائنين ببرعم يتكون ويختفي. وقد قام بعمل تجربة على هذا الكائن المائي، حيث قام بتقطيعه إلى جزأين بالمقص؛ ثم إلى عدة قطع صغيرة. ونتيجة لذلك، أصبح كل جزء كائن مائي منفصل. وصف ترمبلي هذه الكائنات بأنها عبارة عن حيوانات صغيرة ودقيقة وليست نباتات.

في الوقت نفسه، تم العثور على بعض من هذه الكائنات بين أصداف المرجان وهي تحرك مجساتها الدقيقة بحثًا عن الغذاء. وبما أن المرجان حيوان وليس نباتًا، فإن ذلك أيضًا يرجح أنه ينتمي إلى الحيوانات. ثم سرعان ما اتضح أن مثل هذه الكائنات تنتج كتلاً من الحجر الجيري الذي يقوم بدوره بتكوين الشعاب المرجانية. من هنا، فإن الحيوان يكون قادرًا على تكوين المعادن. وبالتالي، فإنه هناك علاقة وثيقة للغاية بين الكائنات الحية والكائنات غير الحية.

وعاء ليدن لتخزين الكهرباء

١٧٤٥

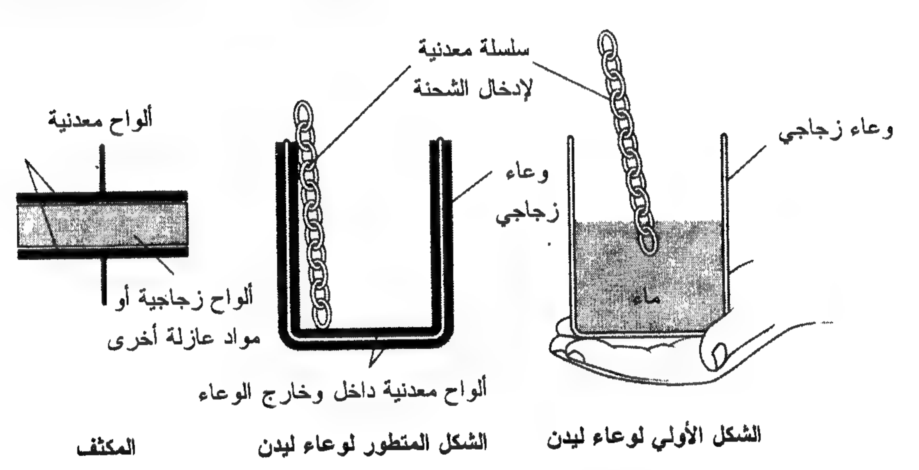
في منتصف القرن الثامن عشر، كانت الكهرباء هي قضية العصر. فقد تساءل إيوالد فون كليست – أحد رجال الدين في بوميرانيا في بولندا الحديثة – ما إذا كانت الشحنات الكهربائية التي تم اكتشافها حديثًا يمكن تخزينها (١٧٣٣) – كما قال في وعاء زجاجي – مثلما يتم تخزين الماء. إذا كان ذلك صحيحًا، فمن السهل أن تتم دراستها. وفي هذا الشأن، أثمرت التجارب التي أجراها عن نتائج هائلة ومفيدة. فعلى سبيل المثال، توصل إلى أن الوعاء الذي به كمية قليلة من الماء يستطيع تخزين كمية من الشحنات الكهربائية كافية لإحداث صدمات كهربائية كبيرة.

كان اكتشافه على وشك أن ينتشر ويصل إلى الأجيال التالية كلها. فقد قام بيتر فان موشينبروك بعمل وعاء ليدن تلقائيًا وبشكل مستقل في مدينة ليدن بهولندا. وقد كان موشينبروك بعيد النظر وذكيًا بدرجة كافية؛ فقد قام بتسجيل هذا الاختراع باسمه أمام أكاديمية العلوم الفرنسية. ونتيجة لذلك، فقد نُسب هذا الاختراع إلى الهولندي بيتر فان موشينبروك.

فيما بعد، عُرف وعاء ليدن بالمكثف، لأنه يتم فيه تكثيف الشحنات الكهربائية أو تركيزها. لكن، سرعان ما تم استبدال الماء ومصدر الرطوبة بموصلات أخرى مثل الألواح المعدنية داخل الوعاء وخارجه. وفي الوقت الذي بدا فيه أن شكل الوعاء ليس ضروريًا وغير ذي أهمية، كان الشرط الأساسي لتخزين شحنة من الكهرباء هو توفر طبقة من أية مادة عازلة (عازل استقطابي مثل الزجاج) بين موصلين.

وحدة السعة الكهربائية

الفاراد – نسبةً إلى عالم الفيزياء في القرن التاسع عشر مايكل فاراداي (١٨١٣) – هي وحدة السعة الكهربائية، أي قدرة أي مكثف على تخزين الشحنة الكهربائية. إن المكثف الذي تقدر سعته بـ ١ فاراد يستطيع تخزين ١ كولوم من الشحنة – الكهربائية مع فرق جهد محتمل يقدر بـ ١ فولت بين ألواحه.



يوضح هذا الشكل ثلاث مراحل لتطور وعاء ليدن كوسيلة لتخزين الشحنات الكهربائية. تقوم المكثفات الأكثر تطورًا باستخدام المواد الاصطناعية كطبقات عازلة وبالفعل تكون قادرة على تخزين كميات هائلة من الشحنة الكهربائية عن طريق تغطية المادة العازلة والموصل في لفة تتألف من طبقات عديدة.

يستطيع وعاء ليدن المتطور تخزين كميات كبيرة من الشحنات الكهربائية؛ كفيلة لإحداث صدمات كهربائية قوية وشرارات مؤثرة. ثم سرعان ما أصبح هذا الوعاء جزءًا من وسائل التسلية الكهربائية الخاصة بالنبلاء وبالمثل كأجهزة للباحثين. ففي الحقيقة، تم تطبيق وعاء ليدن هذا لأول مرة من قِبل رجل الدين والباحث الفرنسي جان نوليت (١٧٣٣)؛ الذي سرعان ما قام باستخدامه في بعض التجارب المهمة. وفي عام ١٧٤٦، شاهد الملك شحنة كهربائية كبيرة تنطلق من وعاء ليدن وتمر عبر ١٨٠ جنديًا متشابكي الأيدي ثم تخطت هذه الشحنة لتمر بين ٧٠٠ رجل من رجال الدين. وطبقًا للتقارير، دفعت الخاضعين للتجربة في الهواء مرةً واحدة، وهو ما أثبت أن الكهرباء تنتقل بسرعة كبيرة جدًا.

اكتشاف معدن الزنك

١٧٤٦

قام علماء الآثار بالتنقيب عن الأشياء التي يزيد عمرها عن ٣٠٠٠ سنة ومصنوعة من معدن النحاس. وجميعنا يعرف أن الرومان القدماء لهم طريقتهم الخاصة في تصنيع النحاس، لكنهم لا يعرفون سبب فعالية هذه الطريقة. فقد قاموا بتسخين النحاس مع معدن آخر يسمى الكالامين. فكان المعدن الناتج مختلفًا تمامًا عن

نحاس. لكنه كان يتسم بأنه سهل الاستخدام وأيضًا قادر على عمل حافة حادة، أشبه كثيرًا بمعدن البرونز، كما أنه مقاوم جيد للصدأ. كما يمكن تشكيله بطرق مختلفة، إما بالطرق وإما بالصب. بعد ذلك، حاول علماء الكيمياء القديمة تسخين الكالامين مع بعض الكربون. وعند التبريد. وجدوا أنه ينتج مادة معدنية لونها أبيض تلتصق بجوانب المدخنة.

يعد بارسيلسيوس (١٥٢٠)، آخر علماء الكيمياء القديمة، أول أوروبي يدعي معرفته بالزنك؛ كمعدن له خصائص مميزة. وقد علم بوجود هذا المعدن من عمال المناجم الهنود. بمعنى آخر، لم يتم التعرف على معدن الزنك بشكل قاطع حتى عام ١٧٤٦ على يد العالم الألماني أندريس مارجراف (الذي أثبت وجود السكر في بنجر السكر). في الوقت نفسه، اكتشف آخرون وجود هذا المعدن، لكن الفضل يعود إلى مارجراف في دراسة هذا المعدن بطريقة منهجية. ولذلك، عرف مارجراف بأنه المكتشف (الأوروبي) لمعدن الزنك.

لقد أثبت معدن الزنك مدى أهميته وفعاليته. فقد كان قادرًا على التفاعل بنشاط مع الأحماض أكثر من تفاعله مع الحديد لإنتاج الهيدروجين (١٧٦٦). كما كان الزنك مصدر بعض الغازات التي ملأت البالونات التي حلقت عاليًا بأخوة شارل الشجعان في عام ١٧٨٣. بعد ذلك، تم ربط الزنك بالنحاس في بعض البطاريات الكهربائية الأولية؛ ثم قام العالم الإيطالي أليساندرو فولتا بتطوير مثل هذه البطاريات (١٨٠٠).

تم تطوير طريقة الجلفنة وهي عبارة عن لوح مصقول من الحديد مع طبقة رقيقة من الزنك من أجل الحماية ضد الصدأ. وفي أثناء التفاعل الكيميائي النشط، يصدأ الزنك أولاً. تم إثبات أن الزنك القديم أو الكالامين هو كربونات الزنك المركبة؛ وهي لا تزال تستخدم كغسول لتخفيف التهابات الجلد وغيرها من الأمراض الجلدية.

بيير ماوبيرتو ومبدأ الفعل الأقل

١٧٤٦

من الجدير بالذكر أن المفكر الفرنسي بيير ماوبيرتو كانت له إسهامات كثيرة في مجالات متعددة. ففي عام ١٧٣٦، قاد بيير ماوبيرتو البعثة الشاقة لدولة لابلاند للمساعدة في تحديد شكل الأرض، من ناحية، للدفاع عن نظرية إسحاق نيوتن عن الكون، لأنه تبنى تلك النظرية وعمل على تأييدها. كما قام

بدراسة الأسر – التي يوجد بها أعضاء لديهم ستة أصابع – بحثًا عن نماذج بها عيوب وراثية. علاوةً على ذلك، كان للعالم ماوبيرتو أفكار مثيرة للجدل حول تكاثر البشر. ويبدو أنه قد توقع بعضًا من الأفكار التي تبناها تشارلز داروين بعد ٢٠٠ سنة. كذلك، ذكر بيير ماوبيرتو أن معظم أشكال الكائنات الحية التي عاشت طويلاً قد انقرضت بالفعل. أما الكائنات الموجودة الآن فهي التي لديها قدرة على التكيف من زيادة فرص العيش والتكاثر. تشبه هذه النظرية قانون داروين الذي يتمثل في البقاء للأفضل والأصلح (١٨٥٩).

من أكثر الأفكار المثيرة التي تبناها فكرته حول اقتصاد الجهود في الطبيعة مبدأ الفعل الأقل. قام عالم الرياضيات الفرنسي بيير دو فيرما باستخدام هذه الفكرة نفسها لشرح قوانين انعكاس وانكسار الضوء منذ أكثر من قرن (١٦٢١): يتخذ شعاع الضوء دائمًا أسرع طريق بين أية نقطتين.

في عام ١٧٤٦، جاء ماوبيرتو بفكرة عامة. فقد ذكر أنه من بين المسارات غير المحدودة التي يستطيع الجسم التحرك فيها، يختار هذا الجسم المسار الذي يحتاج فيه إلى أقل كمية من طاقة الحركة. وقد اعتقد أن الكون كله يعمل في ضوء هذا المبدأ. لذا، قام ماوبيرتو بتطبيق مبدأ الاقتصاد أو مبدأ الفعل الأقل على كل ما له علاقة بالطبيعة وهكذا، كان لتطبيقه لذلك المبدأ لمحة دينية أو على الأقل فلسفية.

لكن، كما يثبت الكثير من علماء الرياضيات، إن كثيرًا من قوانين الطبيعة تتبع حتمًا هذا المبدأ. فعلى سبيل المثال، إن الجسيم الذي يتحرك وفقًا لقوانين نيوتن للحركة (١٦٨٦)، سيظل يتحرك، بحيث يحافظ على أدنى مستوى من طاقته الحركية، والعكس صحيح. أما المسارات الأخرى الممكنة ستتطلب قدرًا أكبر من الطاقة الحركية أكثر من المسار الذي يتخذه الجسم بالفعل. وحتى مبدأ الشك (١٩٢٧)، الذي شكل جانبًا من العالم الغريب لفيزياء الكم التي تعود للقرن العشرين يعتمد على فكرة أن الطبيعة تسمح لنا بأصغر كمية من طاقة الحركة. ولن نستطيع أن نقلل هذه الطاقة إلى الصفر.

جسم الإنسان بين علم التشريح وعلم وظائف الأعضاء

عام ١٧٤٧

تعتمد معظم العلوم على طرق تقليدية ومنهجية شديدة التنظيم والدقة في جمع المعلومات. وينطبق ذلك تمامًا على علم التشريح الذي يعتمد على العمل المضني لعشرات الباحثين في جميع أنحاء العالم في قرون عديدة. وعادةً ما يستفيد هؤلاء الباحثون من الميكروسكوبات القوية التي استطاعت الكشف عن البناء المعقد لجسم الإنسان. وفي هذا الشأن، فإننا كثيرًا ما نتذكر أسماء المؤلفين الذين قاموا بتقديم تلك المعلومات - التي قاموا بجمعها بعد جهد مضنٍ - في صورة منظمة ومترابطة.

من بين هؤلاء الكاتب الهولندي برنارد ألبينوس. ويعد كتابه الرائع Tables of the Skeleton and Muscles of the Human Body الذي تم نشره عام ١٧٤٧ عن العظام والعضلات الموجودة بجسم الإنسان من أعظم الكتب المفيدة لدراسة التركيب الداخلي للجسم. ويقدم هذا الكتاب وصفًا دقيقًا تمامًا للعظام والعضلات والأعصاب والأعضاء التي توجد في جسم كل من الأشخاص البالغين والأجنة. تخرج برنارد ألبينوس من كلية الطب بمدينة ليدن في هولندا، وكان متأثرًا بالطبيب الألماني العظيم هيرمان بويرهاف الذي تتلمذ على يده الكثيرين (١٧٢٤). كما سار على خطاه بل وفاقه تميزًا بعد ذلك النابغة المبكرة ألبرخت فون هالر الذي استطاع تأليف مفردات لغوية يونانية وعبرية عندما كان في العاشرة من عمره. وبعد ذلك بعشر سنوات، قام بتأليف كتابه عن مبادئ علم وظائف الأعضاء الذي أطلق عليه اسم Elements of Physiology. لكن، الوضع كان قد تغير تمامًا حيث أصبح العلماء يهتمون في ذلك الوقت بدراسة الوظائف الحيوية لجميع أجهزة الجسم بالتفصيل ودراسة طريقة عملها المبهرة.

لنأخذ على سبيل المثال الجهاز العصبي. من خلال ملاحظات ألبرخت فون هالر والتجارب التي قام بها، استطاع الفصل بين نوعين من الأعصاب هما: الأعصاب الحسية التي تحمل الانطباعات إلى المخ، والأعصاب الحركية التي تنقل الرسائل من المخ لتنشيط العضلات. وبذلك، استنتج أنه لا بد أن المخ هو مركز التفكير والإحساس حيث تبدأ وتنتهي عنده جميع الأعصاب. وعلى الرغم من ذلك، فإنه لم يستطع التعرف على كيفية عمل الأعصاب حيث كان يعتقد أنها عبارة عن أنابيب تحتوي على سائل خاص. بينما استنتج

لويجي جالفاني (١٧٨٦) من خلال بعض التجارب التي أجراها من وجود تيار كهربائي يسري خلال تلك الأعصاب.

في الوقت نفسه، كانت تزداد معرفة العلماء بالعمليات الأساسية الأخرى التي تحدث في الجسم. فعلى سبيل المثال، أصبح مفهوم الهضم يتعدى مجرد كونه عملية طحن الطعام؛ حيث أوضح ألبرخت فون هالر أهمية العصارة الصفراوية في هضم المواد الدهنية الموجودة بالطعام. كما اكتشف العالم الفرنسي رينيه رومير دور العصارة التي تفرزها المعدة في تفتيت الطعام. بالإضافة إلى ذلك، اكتشف العالم الإيطالي لازرو سبولانزي (١٧٦٨) أن عملية الهضم تبدأ في الفم عن طريق حركة اللعاب. وبحلول ثمانينيات القرن الثامن عشر، تم تعريف عملية التنفس على أنها عملية نقل الأكسجين إلى الدم والتخلص من الفضلات - مثل غاز ثاني أكسيد الكربون - خارج الجسم. كما اكتشف ألبرخت فون هالر أن الطعام والأكسجين يتحدان داخل الجسم فيما يشبه عملية الاحتراق التي تؤدي إلى توليد حرارة لازمة للدفء وطاقة لازمة للحركة. لكنه، لم يستطع تحديد المكان الذي تحدث فيه عملية الاحتراق.

إسهامات جيمس ليند في علاج الإسقربوط

١٧٤٧

يعرف ربان السفن الخطر التام الذي يشكله الإسقربوط على المسافرين في رحلات بحرية طويلة. إذ يتسبب ذلك المرض في إصابة الشخص بالضعف والاكتئاب وظهور بقع شاحبة اللون على البشرة. هذا، بالإضافة إلى أنه يؤدي إلى تورم اللثة وحدوث نزيف بها. وفي حالة عدم علاج ذلك المرض، فإنه قد يؤدي إلى الوفاة في أسوأ الأحوال. لكن، يؤدي تناول الطعام الطازج لعدة أسابيع إلى تخفيف حدة تلك الأعراض. لذا، فقد كان العالم في حاجة ماسة إلى دواء يكون أكثر فاعلية لتقليل تأثير ذلك المرض على كل من طاقم السفينة والمسافرين في السفن البحرية والتجارية.

في عام ١٧٤٧، بينما كان الطبيب البحري جيمس ليند على متن السفينة العظيمة HMS Salisbury في أثناء عبورها لبحر المانش خلال الحرب في النمسا لاعتلاء العرش، تفشى الإسقربوط في السفينة رغم توفر الطعام الطازج والمياه النقية. وخلال ١٠ أسابيع، أودى ذلك

المرض بحياة ٨٠ شخصًا من بين ٣٥٠ أصيبوا به. وقد كان جيمس ليند على علم بأن هناك شكًا لدى العديد من العلماء بأن عصائر الفواكه الحمضية، مثل البرتقال والليمون والزيزفون قد تكون علاجًا فعالاً لهذا المرض. لذلك، قرر القيام بتجربة لمقارنة طريقة العلاج بالفواكه الحمضية بالطرق الأخرى المتاحة للعلاج.

قام جيمس ليند باختيار ١٢ شخصًا من طاقم السفينة المصابين بالإسقربوط ثم قسمهم إلى أزواج، ثم قام بوضع بعض الإضافات المختلفة إلى الحصص المعتادة من طعامهم الذي كان يتكون من العصيدة وحساء اللحم الضأن والبسكويت. وتتضمن تلك الإضافات بعض الخل أو كوب من مياه البحر أو الثوم المهروس أو الخردل أو الفجل الحار أو ربع جالون من عصير التفاح. بعد ذلك، قام بإعطاء زوج آخر شراب الإكسير معقد التركيب، بينما كان يعطي الزوج الأخير ثمرتين من البرتقال وثمرة ليمون واحدة يوميًا. ثم انتظر النتيجة التي أسفرت عن التحسن في حالة الأشخاص الذين تناولوا الفاكهة وعصير التفاح فقط من بين جميع المرضى. كما أثبتت تلك التجربة أن درجة تحسن الأشخاص الذين تناولوا الفواكه الحمضية كانت هي الأفضل؛ حيث تماثل أحدهما للشفاء خلال ستة أيام فقط من بدء التجربة.

كانت تلك النتائج واضحة تمامًا مما حث الأميرالية البحرية على قبول عصير الليمون والبرتقال (والزيزفون) كأفضل علاج للإسقربوط. وعلى الرغم من ذلك، لم يتم إصدار قرار رسمي بتزويد جميع السفن البحرية بالمملكة بالليمون والبرتقال سوى بعد مرور ٤٠ عامًا. وبعد مرور عام من تنفيذ ذلك القرار، اختفى الإسقربوط تمامًا بين البحارة، كما قل عدد البحارة الذين يشكون من أي مرض إلى النصف.

لكن، يبقى السؤال الجوهري عن السبب في فاعلية ذلك العلاج. فما الذي يحتوي عليه عصير الليمون أو البرتقال ويقي من الإصابة بالإسقربوط؟ في الواقع، تمت الإجابة على هذا السؤال بعد مرور سنوات طويلة، ففي عام ١٩٠٦، توصل العلماء إلى أن عصير الفواكه الحمضية يحتوي على فيتامين (ج) الذي يقي من الإسقربوط.

الكونت دو بوفون والتاريخ الطبيعي

١٧٤٩

في عام ١٧٤٩، ظهر أول المجلدات العلمية الضخمة الذي يلخص جميع النتائج التي توصل إليها علماء التاريخ الطبيعي للكاتب الفرنسي

جورج ليكليرك الذي عرف فيما بعد باسم الكونت دو بوفون. وقد تم نشر ثمانية من تلك المجلدات التي يبلغ عددها ٤٤ مجلدًا بعد وفاته. وتلخص تلك الأجزاء جميع النتائج التي توصل إليها العلماء في ذلك الوقت عن الطبيعة. ونظرًا للبراعة الشديدة في كتابة تلك الأجزاء وإدراك الكاتب أنها موجهة إلى الجمهور العادي، فإنه قام بتنقيحها وإضافة أفكاره وتوقعاته إليها.

كان دو بوفون من أسرة ثرية ساعدته على دراسة القانون في البداية مثل كثير من علماء ذلك الوقت. لكن، كان لدى الكونت دو بوفون اهتمامات أوسع من ذلك؛ حيث امتدت اهتماماته لتشمل علم الرياضيات ودراسة العلوم الخاصة بالأرض، بالإضافة إلى ما عرف بعد ذلك باسم علم الأحياء وعلم البيئة. ومن بين الإنجازات العظيمة التي قام بها تحويل الحديقة الملكية الفرنسية مركز للأبحاث ومتحف يضم نباتات من جميع أنحاء العالم. وذلك خلال فترة عمله كحارس لها عام ١٧٣٩. وعندما بلغ الكونت دو بوفون السابعة والعشرين من عمره، التحق بالأكاديمية الفرنسية للعلوم، وبعد ذلك أصبح مناصرًا للعالم جان لامارك (١٨٠٩).

على الرغم من أن علماء كثيرين مثل العالم كارل لينين قد ذكروا أن الفرق الأساسي بين الحيوانات والنباتات يكمن في قدرة الحيوان على الحركة والإحساس، بينما لا يستطيع النبات ذلك، فقد أكد الكونت دو بوفون على التشابه بين جميع الكائنات الحية. كما لاحظ – كغيره من العلماء – أنه تم تصنيف النباتات والحيوانات في جميع أنحاء العالم بصورة تتلاءم مع سكان كل قارة. كما تنبأ بأفكار تشارلز داروين (١٨٧١) وغيره فيما يتعلق بالتطور البشري حيث قارن بين الإنسان والقرد، متسائلاً عما إذا كانت لهما أصول مشتركة.

هل يشتمل الكون على مجرة واحدة أو أكثر؟

١٧٥٠

لا تنتشر النجوم بشكل منظم في السماء. وعندما لاحظ علماء الفلك الأوائل وجود حزمة خافتة من الضوء تحيط بالنجوم في السماء أطلقوا عليها اسم درب التبانة. وفي عام ١٦١٠، اكتشف جاليليو أن درب التبانة يتكون هو الآخر من النجوم.

في عام ١٧٥٠، توصل عالم الفلك الإنجليزي توماس رايت إلى تفسير تلك الظاهرة. ويكمن ذلك التفسير في أن النجوم لا تنتشر في جميع أنحاء الفضاء بصورة منتظمة وإنما تتجمع في حشود ضخمة تأخذ شكل الدائرة. وعند النظر إلى جانب تلك الدائرة يمكن رؤية عدد هائل من النجوم التي تحتشد بالقرب من بعضها أكثر من النجوم التي يمكننا رؤيتها عند النظر بطول المحور. وبالتالي، يمثل درب التبانة حافة نظامنا الشمسي (هذا، وتشتق كلمة "التبانة" من الكلمة اليونانية التي تعني اللبن). وقد تأثر العالم البارز وليم هيرشل الذي اكتشف كوكب أورانوس (١٨٧١) بتلك الفكرة، ثم قام في عام ١٧٨٥ برسم بعض الصور للمجرة على شكل عدسة.

لكن، تُرى ما ذلك الفراغ الشاسع الذي يوجد خارج نظامنا الشمسي؟ وماذا يملأ بقية الفراغ الموجود بالكون أو أن مجرتنا توجد وحدها فيه؟ على الرغم من أن الفيلسوف الألماني المتميز إيمانويل كنت لم يكن يستطيع تحديد أي طرف هو فوهة التليسكوب، فإنه كان مفكرًا رائعًا؛ حيث كان يعتقد أن الفضاء يمتلئ بأجرام سماوية تشبه مجرتنا — مجموعات بيضاوية أخرى من النجوم – أطلق عليها اسم العالم الجزري. وقد استدل على وجود تلك الجزر بين العديد من سحب السديم، وهي تبدو في صورة بقع غير واضحة من الضوء بين النجوم. وعادةً كان لا يستطيع التمييز بين سحب السديم والمذنبات. ولتجنب الخلط بينهما، قام العالم الفرنسي شارل ميسييه الذي يعد أحد رواد رصد المذنبات بوضع قائمة تضم حوالي ١٠٠ سحابة وقد أُطلق عليها اسمه. ومن أمثلة تلك الأجسام M42 التي تعد أكبر سحابة سديم في كوكبة الجوزاء.

لكن، هناك الكثير من سحب السديم التي لم يقم شارل ميسييه برصدها والتي قام هيرشل وابنه جون برصد الآلاف منها في عام ١٧٨٩ وتصنيفها باستخدام التليسكوب كبير الحجم. وقد تكون تلك الكوكبات بيضاوية الشكل مثل تلك التي توجد بالمجرة آندروميدا التي قام شارل ميسييه برصدها (والتي يطلق عليها اسم M31). وقد اعتقد شارل ميسييه أن تلك الكوكبة والعالم الجزري الذي اكتشفه كنت يقعان بعيدًا عن مجرتنا. ولكن لا يعتقد معظم علماء الفلك ذلك، ومن بينهم هيرشل الذي أعلن عام ١٧٩١ أن الآلاف من سحب السديم عبارة عن تجمعات من الغاز توجد داخل مجرتنا. كما أعلن أن تلك التجمعات ربما تكون عبارة عن النجوم أو الكواكب التي تكون في طور التكوين. وأدى ذلك الرأي إلى حسم تلك المسألة المثيرة للجدل لمدة قرن ولكنها عادت للظهور مرة أخرى في عام ١٨٤٧.

أهم إنجازات تكنولوجيا القرن الثامن عشر

المحرك البخاري والحديد والمواد الكيماوية

تعود بداية الثورة الصناعية إلى عام ١٧٠٥ عندما قام العالم الإنجليزي توماس نيوكومن باستخدام إحدى مضخات الماء التي تدار بقوة البخار - التي اخترعها توماس سافري منذ عشر سنوات مضت - لتشغيل المكبس والذراع بدلاً من رفع الماء. على أية حال، ظل ذلك المحرك غير عملي نظرًا لاستهلاكه كميات كبيرة من الفحم الذي يتم حرقه للحصول على البخار؛ في أثناء كل دورة يتم غمر الأسطوانة الساخنة في الماء البارد لتكثيف البخار الذي يؤدي إلى وجود فراغ جزئي في الأسطوانة. ويؤدي ذلك الفراغ، في وجود ضغط الهواء الخارجي، إلى دفع المكبس.

استطاع جيمس وات التوصل إلى حل للتغلب على هذه المشكلة؛ حيث قام بتكثيف البخار بشكل منفصل للحفاظ على الأسطوانة ساخنةً. وفي عام ١٧٦٥، قدم جيمس وات التصميم المبدئي لذلك المحرك. أما التصميم الأخير الذي قدمه بعد ذلك فقد تمكن من خلاله التغلب على حركة المحرك الأمامية والخلفية وتحويلها إلى حركة دائرية سلسة. وفي عام ١٧٧٦، قام بتصنيع المحرك البخاري بالاشتراك مع أحد رجال الصناعة ماثيو بولتون في بيرمنجهام. وبذلك، تم تزويد الصناعة بمصدر وفير من الطاقة يمكن الاعتماد عليه ليحل محل قوة الرياح والماء أو القوة البدنية للإنسان أو قوة الخيول.

بعد ذلك، تم اختراع العديد من الماكينات التي تحتاج إلى مثل هذا النوع من الطاقة. وقد أدى ذلك إلى تطور العديد من الصناعات مثل صناعة النسيج التي قامت بتطوير آلات أكثر جودةً وسرعةً لغزل الكتان والقطن والأقمشة الصوفية. ومن الآلات التي تم تطويرها المكوك السريع عام ١٧٣٣ ودولاب الغزل عام ١٧٦٤ ومول الغزل عام ١٧٧٩ والنول عام ١٧٨٥. وبدأت الثورة الصناعية تجني ثمارها في بريطانيا أولاً، ثم بعد ذلك في جميع الدول التي تبنت صناعة الغزل والنسيج.

في مزارع القطن الأمريكية، عمل محلج القطن الذي اخترعه الأمريكي إيلي ويتني (١٧٩٣) على زيادة إنتاج القطن عن طريق زيادته لسرعة فصل الألياف عن البذور، وقد

أدى ذلك إلى تقدير الأشخاص الذين يستطيعون زرع القطن بشكل أفضل. كما تم تعزيز الإنتاج الزراعي في أوروبا، الذي يعتمد عليه معظم السكان، عن طريق اتباع نظام دورة المحاصيل التي يتم تكرارها كل أربع سنوات مع تحسين طرق تربية الأغنام.

في الوقت نفسه، تطورت بعض الصناعات الأخرى مثل صناعة الفخار التي بدأت بتقليد الخزف الصيني وصناعة الزجاج والورق. كما تطورت بالطبع صناعة الحديد الذي يستخدم في صناعة المحركات والماكينات الأخرى. وقد أدى استخدام فحم الكوك في ماكينات الصهر بدلاً من الفحم النباتي إلى رخص سعر الحديد وتحسين جودته. كما أدى استخدام الحديد المطاوع وفولاذ البواتق إلى زيادة الجودة بشكل أكبر. وبذلك، استطاع رائد صناعة الحديد جون ويلكنسون إنتاج أسطوانات المحركات البخارية بشكل أكثر جودةً وبالتالي أكثر أماناً ودقةً، كما استطاع إنتاج مواسير للمدافع بشكل أفضل مما سبق.

طالما راود جون ويلكنسون الحلم ببناء السفن المصنوعة من الحديد. وبلا شك، قد تعددت استخدامات الحديد في ذلك الوقت حيث تم بناء أول كوبري من الحديد فقط عام ١٧٧٩ في إنجلترا. كما ظهر في الوقت نفسه أسمنت الجير الهيدرولي الذي يكتسب المزيد من الصلابة تحت الماء. ويعد هذا الأسمنت من الاختراعات العظيمة في النصف الثاني من القرن الثامن عشر. وقد استخدمه العالم جون سميتون، الذي قام باختراعه، في بناء المنارة الثالثة بجزيرة إديستن التي تطل على ساحل إنجلترا والتي تم استكمال بنائها عام ١٧٥٩.

علاوةً على ذلك، تم الربط بين الأنهار لنقل المواد الخام والمنتجات الصناعية ثم تفرعت تلك الأنهار بعد ذلك لتشكل شبكة من القنوات التي تستخدم لنقل البضائع والمنتجات. وبدأ استخدام الأنهار في النقل أولاً في إنجلترا عام ١٧٥٩. ثم ساد استخدام سبل النقل البحرية بعد ذلك في جميع أنحاء العالم حتى تم اختراع السكك الحديدية في ثلاثينيات القرن التاسع عشر. لكن، حتى ذلك الحين ظلت وسائل النقل والمواصلات تعتمد على الخيول والعربات على الرغم من بناء المهندس الفرنسي كلاود شاب شبكة لاستقبال الإشارات على قمم التلال مكونة من عدة محطات للملوحة الميكانيكية تبعد كل منها عن الأخرى بحوالي ٢٠ كيلو مترًا. وتستطيع تلك المحطات نقل الرسائل من باريس إلى

مارسيليا خلال ٢٠ دقيقة. وقد استمر الوضع كذلك حتى ظهر التلغراف الإليكتروني في صورته البدائية عام ١٨٥٠.

تطلب ذلك التطور الصناعي المزيد من المواد الكيميائية مثل حمض الكبريتيك وكربونات الصوديوم التي تم اكتشافها عام ١٧٩١ والكلور الذي يستخدم في عملية التبييض وقد تم اكتشافه عام ١٧٧٤. وقد أدى ذلك إلى اختراع سبل جديدة للحصول على تلك المواد الكيميائية. في عام ١٧٩٢، استخدم وليم موردوخ غاز الفحم الحجري في الإضاءة والتسخين.

أدى ذلك التطور الهائل في السلع الصناعية مثل الملابس والورق والفخار والأواني الزجاجية والنحاس المطلي بالفضة والحديد المطلي بالقصدير إلى رفع مستوى معيشة الأفراد، على الأقل الأثرياء منهم. ومن الاكتشافات الجديدة الأخرى التي ظهرت في القرن الثامن عشر الأوراق النقدية والشيكات، بالإضافة إلى توفير خدمة البريد بصورة منتظمة. كما تم اختراع المياه الغازية والمرحاض والمنطاد الذي يمتلئ بالهواء الساخن والباراشوت أو المظلات التي يهواها المغامرون.

أوضاع العالم في تلك الفترة

في عام ١٧٧٦، اتحدت القوات البريطانية التي كانت توجد على الساحل الشرقي لأمريكا الشمالية وأعلنت استقلالها عن الوطن الأم. وعلى الرغم من ذلك استغرق الأمر خمسة أعوام أخرى من الحروب للحصول على ذلك الاستقلال. وفي الشمال، كانت هناك بعض المعارك التي دارت في الماضي بين بريطانيا وفرنسا في محاولة من بريطانيا لفرض سيطرتها على ما يعرف الآن باسم كندا. وكان ذلك الصراع وقودًا للحرب التي استمرت سبع سنوات بين العديد من الدول الأوروبية؛ سعيًا وراء فرض سيطرة كل منها على كندا والاستيلاء على مواردها. وكالمعتاد كان الفوز من نصيب بروسيا التي تقع في وسط ألمانيا الحالية.

بعد مرور ثلاثة عشر عامًا، قامت الثورة الفرنسية. وبعد أعوام عديدة من العنف والإرهاب، اعتلى نابليون بونابرت عرش فرنسا؛ وقد أدرك نابليون بونابرت أهمية التطور العلمي والتكنولوجي. لذا، أولى اهتمامًا خاصًا بالعلم وعمل على تطويره. لكن، استمرت الحروب بين فرنسا بقيادة نابليون بونابرت وبقية الدول الأوروبية حتى عام ١٨١٥. وخلال ذلك الصراع استخدمت فرنسا النظام المتري في الأوزان والمقاييس، وقد انتشر بعد ذلك في جميع الدول الأوروبية عبر الغزو الفرنسي لها باستثناء بريطانيا.

استمرت روسيا تحت قيادة الملكة العظيمة كاثرين التي كانت تهتم بالتحديث والتطوير العلمي من خلال إرسال بعثات طلابية للخارج لدراسة العلوم والتكنولوجيا. كما استمرت في توسيع إمبراطوريتها على حساب تركيا حيث احتلت كريميا. وفي الوقت نفسه، بدأت النمسا في طرد الأتراك بعيدًا عن جزر البلقان. كما اتحدت روسيا مع كل من النمسا وبروسيا في الغرب من أجل عزل بولندا التي كانت محلاً لميلاد عالم الفلك المشهور كوبرنيكس قبل ثلاثة قرون.

فنون وأفكار

وصلت حركة التنوير وما تنص عليه من مبادئ مثل المادية والتسامح والحكم الذاتي وحرية الفكر أوجها خلال النصف الثاني من القرن الثامن عشر. ففي عام ١٧٥١، ظهرت أول موسوعة للعلوم والفنون للكاتب الفرنسي دونيس ديدرو، والتي يلخص فيها المبادئ الأساسية لتلك الحركة. وقد ساهمت تلك المبادئ المثالية بشدة في الثورتين السياسيتين العظيمتين اللتين حدثتا خلال تلك الفترة وهما: الثورة الفرنسية والثورة الأمريكية. وقد اتخذت حركة التنوير العلماء العظماء من أمثال جاليليو ونيوتن كنموذج للبحث الإنساني الذي يعتمد على الملاحظة والتجربة.

بالنسبة للموسيقى، كانت تلك الفترة هي أزهى عصور الموسيقى الكلاسيكية التي يمثلها الألمانيين جوزيف هايدن وفولفجانج أماديوس موتسارت. كما ظهرت أنواع أخرى من الموسيقى ذات إيقاعات أكثر تعقيدًا مثل السوناتة والمقطوعات الرباعية والسيمفونيات. كما حل الإيقاع الثابت للبيانو والخالي من العيوب محل البيانو القيثاري؛ مما أدى إلى ظهور أنواع جديدة من الموسيقى مثل الغناء على أنغام البيانو. وبالقرب من نهاية القرن الثامن عشر، ظهرت الموسيقى الدرامية بقيادة الموسيقار المعروف بتهوفن. وانتشرت بعد ذلك الموسيقى الرومانسية في القرن التاسع عشر.

كما شهدت الكتابة ازدهارًا كبيرًا في هذا العصر وتنوعت أفكار المبدعين. فعلى سبيل المثال، قام الطبيب صامويل جونسون بجمع أول معجم للغة الإنجليزية.

كما ألف الكاتب الفرنسي فولتير روايته الشهيرة Candide التي يسخر فيها من مبادئ حركة التنوير التي يعتقد معتنقوها أنها تحتوي على أفضل المبادئ لكل عالم، والتي تبعتها بعد ذلك بفترة قصيرة روايته A Treatise on Tolerance. كما نشر الكاتب الإنجليزي آدم سميث روايته Inquiry into the Wealth of Nations. علاوةً على ذلك، أصدر الكاتب الألماني إيمانويل كنت عمله الشهير باسم The Critique of Pure Reason. كما أصدر الشاعر الاسكتلندي روبرت بيرنز مجموعته الشعرية المختارة من بين مجموعة القصائد الاسكتلندية المعروفة. كما أصدر الشاعران الإنجليزيان صامويل تايلور ووليم ووردزوورث قصيدتيهما الغنائيين The Rime of the Ancient Mariner وTintern Abbey بالتتابع.

أما في مجال العمارة والزخرفة، فقد ساد أسلوب الركوك الذي يتميز بأنه أكثر ذوقًا وحيوية من أسلوب الباروكي الذي اشتق منه؛ عاكسًا ذوق وحب الطبقة الأرستقراطية بفرنسا والبلاط الملكي الأوروبي فيما بعد للرفاهية. ويعد الرسام الفرنسي جان واتو أحد رواد هذا الفن. بينما ساد فن التصوير الزيتي في إنجلترا في ذلك الوقت. وقد وضع وأرسى كل من جوشوا رينولدز وتوماس غاينزبورو قواعد هذا الفن. بينما استمر النحات وليم هوجارث في تصوير الانحطاط الذي انحدرت إليه الطبقات العليا، بالإضافة إلى تصوير المشاكل الاجتماعية التي يعاني منها الفقراء.

تطور علم الكيمياء

على الرغم من تطور جميع العلوم في النصف الثاني من القرن الثامن عشر، فإنه حدث على وجه التحديد تطور في علم الكيمياء بشكل غير مسبوق. ولعل ذلك يعزى إلى اكتشاف بعض الغازات المهمة لأول مرة، مثل: غاز ثاني أكسيد الكربون والنيتروجين والهيدروجين والأكسجين والكلور. كما تم القضاء على نظرية العنصر الملتهب القديمة الخاطئة واستبعادها تمامًا بعد قيام العالم العبقري أنطوان لافوازييه بابتكار لغة عبقرية جديدة ومنطقية لدراسة الكيمياء. وبعد الكثير من الجدل، اكتشف علماء الكيمياء أهمية دقة المقاييس في دراسة علم الكيمياء وتطوره.

على أية حال، استمر الجدل حول ما إذا كان النبتونيوم هو العنصر الذي تتكون منه الصخور أو البلوتونيوم. وفي علم الأحياء، استمر الجدل حول أسلوب التطور في الحيوانات بعد الحمل؛ سواءً أكان يعتمد على التخلق المتعاقب أم على الحيوانات الدقيقة. وفي الوقت نفسه، اتفق العلماء على أن الحفريات عبارة عن بقايا النباتات والحيوانات التي كانت تعيش في مكان ما على كوكب الأرض منذ مدة زمنية طويلة. وقد أدى ذلك إلى التعرف على الكثير من تاريخ كوكب الأرض.

على الجانب الآخر، كانت الكهرباء على قمة أولويات علماء الفيزياء. فقد استطاع العلماء التوصل إلى أن البرق عبارة عن شرارة كهربائية ضخمة. كما تم التعرف على القانون الذي يحكم القوة بين الشحنات الكهربائية. بالإضافة إلى ذلك، اكتشف العلماء أن الكهرباء

تلعب دورًا مهمًا في أجسام الحيوانات. وبنهاية القرن الثامن عشر، استطاع علماء الفيزياء توليد تيار كهربي متواصل.

علاوةً على ذلك، تم بناء تليسكوبات فلكية كبيرة الحجم وأكثر كفاءة، مما أدى إلى اكتشاف المزيد من الكواكب. بالإضافة إلى ذلك، تم إنشاء مشروعين دوليين كبيرين لرصد حركة كوكب الزهرة عند عبوره أمام الشمس. وقد أدى ذلك إلى تحديد حجم النظام الشمسي. وبعد ذلك، بدأت دراسة كوكب الأرض حيث بدأ العلماء في توقع النظريات حول نشأة الأرض والشمس. وقد استطاع أحد صانعي الساعات تحديد خطوط الطول في تلك الفترة. كما تم قياس شدة أحد الزلازل العنيفة الذي هز لشبونة في البرتغال. وتعد تلك الخطوة هي الأولى في علم الزلازل.

هذا، وقد أدت الإنجازات الهائلة للعالم كارل لينين إلى اكتشاف عدد كبير للغاية من النباتات والحيوانات. كما تم القضاء على نظرية نشأة الأشياء من العدم – بمعنى أن الحياة يمكن أن تنبثق تلقائيًا من الأجسام غير الحية – ولكنها عاودت الظهور في القرن التاسع عشر إلى حد ما. وقد اكتشف العلماء كيف يقوم النبات بتنقية الهواء. ويشكل هذا الاكتشاف خطوةً حيويةً نحو فهم عملية التمثيل الضوئي.

علاوةً على ذلك، تم طرح نظرية الجراثيم وعلاقتها بالأمراض للمرة الثانية، لكن تم رفضها مرةً أخرى من الغالبية العظمى من العلماء. على الرغم من ذلك، اكتشفت وسيلة للوقاية من مرض الجدري. كما تم تفعيل الطب المهني عندما لوحظ لأول مرة أن العمال المسئولين عن تنظيف المداخن يعانون من نوع معين من السرطان.

إسهامات بنيامين فرانكلين في مجال الكهرباء

١٧٥١ م

يعد المخترع الأمريكي والمؤلف ورجل السياسة المعروف بنيامين فرانكلين أول العلماء البارزين عبر المحيط الأطلنطي. ويؤكد على ذلك تجربته الشهيرة عن الطائرة الورقية التي قام خلالها بجعل طائرة ورقية مزودة بحافة معدنية تحلق في الهواء خلال عاصفة رعدية؛ محاولاً إثبات أن البرق عبارة عن شرارة كهربائية هائلة. لكن ليس ذلك صحيحًا في الواقع، لأن فرنسيس وال هو أول من

قام بتلك التجربة في إنجلترا قبل بنيامين فرانكلين بخمسين عامًا. وعلى الرغم من أن بنيامين فرانكلين لم يكن هو أول من قام بالتجربة، فقد ارتبط اسمه بها.

وفقًا للرواية المشهورة، سرت شحنة كهربائية خلال حبل الطائرة الضعيف - الذي يقوم بدور المكثف لتلك الشحنة مثل وعاء ليدن الذي تم اكتشافه عام ١٧٤٥ - مما أدى إلى انتقال تلك الشحنة الكهربائية إلى يديه. وكان من الممكن أن تتسبب تلك التجربة في مقتله، كما حدث في حالة أحد الباحثين الذي حاول تكرار تلك التجربة فيما بعد. ونظرًا للخطر الواضح الذي يشوب تلك التجربة والذي يدركه بنيامين فرانكلين تمامًا، فإنه من المحتمل أنه لم يقم بتلك التجربة على الإطلاق. على أية حال، لا أحد يستطيع تأكيد ما إذا كان بنيامين فرانكلين قد أجرى تلك التجربة أو لا حتى الآن. لكن اتضح بعد ذلك بفترة قصيرة أن البرق عبارة عن شحنة كهربائية تشبه تلك التي تولدها الماكينات الكهربائية المعروفة التي تم اختراعها عام ١٧٣٣، ولكن تلك الشحنة الكهربائية التي تتولد خلال البرق تكون أكبر حجمًا. كما ثبت أن الرعد عبارة عن صوت فرقعة تلك الشرارات الكهربائية عندما يتمدد الهواء الساخن.

هذا، وقد قام بنيامين فرانكلين بدراسة الكهرباء لأعوام طويلة. وفي عام ١٧٤٦، قدم أفكارًا جديدة حول تعريف الكهرباء بدلاً من النظرية التي قدمها العالمان الفرنسيان نوليت ودوفييه والتي تفترض وجود نوعين أساسيين من الشحنات الكهربائية (١٧٣٣). ووجد بنيامين فرانكلين أن الشحنات الكهربائية عبارة عن مادة واحدة. كما افترض وجود نوع واحد فقط من الشحنات، ولكن قد تحتوي المادة على قدر كبير من تلك الشحنات أو كمية قليلة منها. وفي الحالة الأولى تكون الشحنة موجبة بينما في الحالة الثانية تكون الشحنة سالبة. وقد استمر ذلك التعريف الجديد للكهرباء إلى أن جاء العالم الألماني فرنسيس أبينوس بعد قرن من الزمان وقام بدراسته. وقد ذكر أن التأثير الكهربائي ينتج عن مادة واحدة من الكهرباء (ولكنه كان يعتقد أنه لا يمكن قياس شدة تلك المادة) لا تتوزع بالتساوي. ولكن على المدى البعيد، ثبت عدم صحة ذلك الافتراض. وعلى العكس، فقد ثبت أن نوليت ودوفييه كانا قد اقتربا من الحقيقة عندما افترضا وجود شحنات كهربائية موجبة وأخرى سالبة كما ذكر طومسون في عام ١٨٩٧.

إسهامات كارل لينين في تصنيف الكائنات الحية

١٧٥٣

ندين بالفضل لعالم الطبيعة السويدي كارل لينين في تصنيف الكائنات الحية وتسميتها. إذ لا يزال النموذج الذي وضعه في التصنيف يستخدم حتى الآن – لكن مع بعض التعديلات التي أجريت عليه – على الرغم من مرور ٢٥٠ عامًا على وجوده. وعلى الرغم من اعتماده على أعمال بعض العلماء الآخرين (١٧٣٠)، فإن ذلك لا يشكك في وصفه بلقب "مؤسس علم التصنيف". ويعد عام ١٧٥٣ الذي نُشر فيه كتابه العظيم عن علم النباتات والذي أطلق عليه اسم Species Plantarum هو التاريخ الرسمي لبداية التصنيف الجديد للحيوانات والنباتات.

هذا، ونظرًا لولعه الشديد بالنباتات منذ صغر سنه وتوجيهه منذ البداية إلى الكنيسة أو دراسة الطب، أصبح لينين أستاذ علم النباتات بجامعة أبسالا لمدة ٤٠ عامًا تقريبًا – ابتداءً من عام ١٧٤١ حتى وفاته. وقد سافر كارل لينين إلى العديد من الدول، وخاصةً شمال أوروبا لجمع المعلومات عن النباتات وتصنيفها. وقد برز هذا الجهد المضني واضحًا في سلسلة الكتب التي قام بإصدارها ومن أشهرها Systema Naturae الذي ظهر لأول مرة عام ١٧٣٥، ثم ظهرت منه العديد من الطبعات بعد ذلك.

هذا، ويقوم ذلك التصنيف على أساس وضع الأنواع والأجناس في صورة مجموعات أكبر تضم الكائنات المتشابهة وتسمى تلك المجموعات الرتب والطوائف والمملكة. وبالتالي، تضم مملكة الحيوان طائفة الفقاريات (التي يحتوي جسمها على عمود فقاري) التي تضم رتبة الرئيسيات. ويعني مصطلح الرئيسيات الأول ويشتمل على الجنس البشري بشكل عام.

لكن منذ ذلك الحين، تمت إضافة مستويات أخرى إلى هذا التسلسل كي تمثل الصلة. لكن، تم استبدال العديد من الأسماء التي أطلقها كارل لينين اعتمادًا على خصائص وسمات أخرى. وعلى الرغم من ذلك، ظل نظام التسمية الثنائية والترتيب التسلسلي الذي وضعه هو أساس علم التصنيف حتى الآن. في البداية، كان لينين يعتقد أن الأنواع جميعها ثابتة وغير متغيرة. لكن بعد ذلك، انتابه الشك عندما لاحظ أنه توجد بعض الكائنات المهجنة التي تجمع بين صفات أكثر من نوع أو جنس. على أية حال، أصيب لينين بالذهول من الأفكار التي قدمها تشارلز داروين (١٨٥٩) الخاصة بتطور الكائنات الحية بشكل لانهائي دون تدخل من الخالق. ذلك، لأن تلك الأفكار تتعارض تمامًا مع معتقداته الدينية.

ترك لينين تراثًا علميًا آخرًا تم الكشف عنه من خلال طلابه الذين سافر ١٩ منهم في رحلات استكشافية. ومن بين هؤلاء الطلاب انيال سولاندر الذي صاحب جيمس كوك (١٧٦٩) في رحلاته واكتشف أول الأنواع النباتية في أستراليا وجنوب المحيط الهادئ. ←١٧٥٧

تصنيف الكائنات الحية				
	الإنسان	القطط الأليفة	الذبابة المنزلية	عباد الشمس
المملكة	الحيوانات			النباتات
الشعبة	الحبليات (ذوات الحبل الشوكي)		المفصليات (ذوات الأطراف المفصلية)	كاسيات البذور (أحد قسمي الزهريات)
الطائفة	الثدييات		الحشرات (ذوات الستة أرجل)	نباتات ذوات الفلقتين
الرتبة	الرئيسيات (أهم الحيوانات على الإطلاق)	اللواحم (آكلات اللحوم)	ذوات الجناحين	أسطردالاس
الفصيلة	البشريات (وتضم الإنسان والقرود العملاقة.)	السنوريات (كل القطط)	الذبابيات (فصيلة الذباب من رتبة ذوات الجناحين)	فصيلة النجميات (نبات المرجريتا الصغرى وعباد الشمس)
الجنس والنوع	الجنس البشري	القط المستأنس	الحشرات المنزلية	عباد الشمس السنوي

وُضع هذا النموذج الحديث في التصنيف وفقًا للقواعد التي وضعها لينين. في التصنيف، يكون الحرف الأول من كل كلمة هو الحرف الأول من كل صنف. ويلاحظ أنه من المعتاد أن يطلق على الشعبة في المملكة النباتية اسم قسم بدلاً من شعبة. ويوضح الجدول واحدة من الطرق الشائعة العديدة لتصنيف النباتات.



إسهامات جوزيف بلاك في اكتشاف ثاني أكسيد الكربون

١٧٥٤ م

كان جوزيف بلاك أحد الأطباء المشهورين ويعمل مدرسًا في كلية الطب بجامعة جلاسجو. ومن بين المرضى الذين عالجهم جوزيف بلاك الفيلسوف دافيد هيوم ومربية الروائي وولتر سكوت في الصغر. كان لديه الوقت للقيام بالأبحاث العلمية حتى أن عالم الكيمياء الحديثة الفرنسي البارز أنطوان لافوازييه يعتبره أحد مؤسسي علم الكيمياء الحديثة.

هذا، وقد كانت رسالة الدكتوراه التي قدمها جوزيف بلاك في عام ١٧٥٤ تدور حول فكرة واحدة وهي أنه عند التسخين الشديد لمعدن الماغنسيوم الأبيض — الذي يعرف بأنه مادة مطهرة ومضادة للحموضة — والمعادن الأخرى المشابهة مثل الحجر الجيري، يلاحظ أن تلك المعادن تفقد جزءًا كبيرًا من وزنها. وبذلك، استنتج جوزيف بلاك أن بعضًا من الغاز غير المرئي في الهواء ينطلق عند التسخين. وقد كان من المعروف أنه عند وضع تلك المواد في وسط حمضي، فإنها تكون بعض الفقاعات ثم تفور، ويبدو أنها تعمل على تصاعد هذا الغاز نفسه.

قام جوزيف بلاك بجمع جزء من هذا الغاز وأطلق عليه اسم الهواء الحبيس. ويُعزى هذا الاسم ربما إلى أن ذلك الهواء يُحبس داخل تلك المعادن ولا ينطلق سوى بتسخينها أو وضعها في الأحماض. ويختلف الهواء الحبيس تمامًا عن الهواء العادي؛ حيث إن الشمعة لا يمكن أن تشتعل في وجوده. كما أنه يؤدي إلى وفاة الفأر على الفور إذا وضع في مصيدة مغلقة يوجد بها هذا الهواء. ويبدو أن هذا الغاز يتشابه إلى حد كبير مع الغاز الذي اكتشفه العالم الهولندي يان فان هلمونت قبل ذلك الوقت بمائة عام (١٦٤٤)، والذي يمكن الحصول عليه من احتراق الأخشاب. وتعد تلك النقطة غاية في الأهمية إذ تعني إمكانية الحصول على ذلك الغاز من بعض المعادن وبعض الكائنات الحية بعد موتها؛ مما يعني وجود صلة قوية تربط بين بعض الكائنات الحية وغير الحية في الطبيعة.

عند تسخين الحجر الجيري يمكن الحصول على الجير الحي. لاحظ جوزيف بلاك أنه عندما يترك الجير الحي في الهواء الطلق لفترة من الزمن، فإنه يتحول ببطء إلى حجر جيري مرة أخرى. ويؤكد ذلك أن الهواء الطبيعي يحتوي على جزء من الهواء الحبيس طوال الوقت. وبالتالي، فإن الهواء الطبيعي لا يتكون من مادة واحدة أو عنصر واحد وإنما هو

عبارة عن مزيج من العناصر. وقد أدى ذلك الاكتشاف إلى ابتكار طريقة مبسطة لاختبار الغاز وهي أنه في حالة تكون الفقاعات في الماء المذاب فيه الجير الحي، يتحول الماء إلى اللون الأبيض حيث تتكون جزيئات الحجر الجيري مما يدل على وجود الغاز. وفي الوقت الحالي، يطلق على هذا الغاز اسم ثاني أكسيد الكربون. ← ١٧٦١

$$CaCO_3 + 2HCl \longrightarrow CO_2 + H_2O + CaCl_2$$

كربونات الكالسيوم + حمض الهيدروكلوريك ← ثاني أكسيد الكربون + ماء + كلوريد الكالسيوم

$$CaCO_3 \xrightarrow{Heat} CO_2 + CaO$$

كربونات الكالسيوم ←حرارة ثاني أكسيد الكربون + أكسيد الكالسيوم (الجير الحي)

$$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2$$

أكسيد الكالسيوم + ماء ← هيدروكسيد الكالسيوم (الجير المطفأ)

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \longrightarrow H_2O + CaCO_3$$

هيدروكسيد الكالسيوم (ماء الجير) + ثاني أكسيد الكربون ← ماء + كربونات الكالسيوم (مادة مترسبة لونها أبيض)

توضح المعادلات الكيميائية السابقة في ضوء المفاهيم الحديثة في علم الكيمياء كيف اكتشف جوزيف بلاك أنه عند تسخين الحجر الجيري والمركبات المشابهة له أو وضعها في وسط حمضي يتصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون. وعند تمرير غاز ثاني أكسيد الكربون على ماء الجير، فإنه يتحول إلى اللون الأبيض نظرًا لتكون كربونات الكالسيوم.

زلزال لشبونة

١٧٥٥

في الأول من نوفمبر عام ١٧٥٥، ضرب زلزال عنيف مدينة لشبونة، عاصمة البرتغال، وقد أودى بحياة ثلث سكان المدينة على الفور، أي ما يقرب من ٩٠٠٠٠ شخص. لذا، كان هذا الزلزال هو أكثر الزلازل التي تم تسجيلها تدميرًا وأعنفها على الإطلاق. وقد تزايدت خسائر ذلك الزلزال بعد ذلك نتيجة موجات الجزر والحرائق المتتالية التي أدت إلى فقد معظم سكان جنوب البرتغال حياتهم، بالإضافة إلى تكبدهم خسائر شديدة. ويعد ذلك الزلزال أيضًا واحدًا من الكوارث التي لا يمكن تخيلها.

على أية حال، أسفرت تلك الكارثة عن بعض الأشياء الإيجابية. فقد أمر رئيس الوزراء الأسباني بإجراء مسح شامل في جميع أنحاء البلاد للتعرف على آثار الزلزال؛ حيث طلب من كل دائرة تقديم تقرير عن الوقت الذي استغرقه الزلزال وعدد التوابع التي شعر بها السكان وحجم الخسائر ونوعها. وما زالت تلك التقارير – التي تعد الأولى من نوعها – توجد حتى الآن. وقد منحت تلك التقارير الفرصة للخبراء لإعادة دراسة هذا الزلزال. وقدر الخبراء شدته بتسع درجات على مقياس ريختر (١٩٣٥)، لذا، فإنه يعد أقوى الزلازل التي تم تسجيلها حتى الآن.

علاوةً على ذلك، طلب رئيس الوزراء من جميع الدوائر تقديم تقارير حول ملاحظة أي سلوك غريب وغير معتاد للحيوانات قبل الزلزال، حيث كان يُعتقد أن الحيوانات تستطيع الشعور بالزلازل قبل حدوثها. بالإضافة إلى ذلك، طلب تقديم التقارير عن التغيرات التي حدثت في مياه الآبار حيث كان الناس يعتقدون أن تلك العلامات تنذر بوقوع الزلازل.

في أثناء إعادة تعمير لشبونة، تم لأول مرة في التاريخ إنشاء المباني المقاومة للزلازل. وقد تم ذلك باختبار مدى مقاومة نماذج المباني الخشبية المقرر تأسيسها للاهتزاز في أثناء سير الجنود بخطى قوية.

أما السؤال الذي كان يطرح نفسه، فهو: ما سبب حدوث ذلك النوع من الكوارث الطبيعية؟ كان الرأي الشائع هو أن سبب حدوث تلك الكارثة هو غضب الخالق وعقابه للناس بسبب العصيان والهرطقة التي وصلوا إليها. وبالطبع، أيدت الكنيسة ذلك الرأي. لذلك، تم إعدام المنشقين عن العقيدة بعد ذلك بعدة أيام. وعلى الرغم من ذلك، ظهرت بعض الافتراضات المنطقية لتفسير السبب في حدوث تلك الزلازل. فعلى سبيل المثال، في عام ١٧٦٠، ذكر أحد رجال الكنيسة والفيزيائي المعروف جون ميشيل أمام الجمعية الملكية عام ١٧٨٣ أن السبب في حدوث تلك الكارثة هو احتكاك الصخور الموجودة تحت الأرض مع بعضها. كما ذكر أن ذلك الاحتكاك ربما حدث نتيجة تأثير الماء على تلك الصخور. بينما اعتقد البعض الآخر أن قوة الزلازل تنشأ عن ثوران الطاقة الهائلة الكامنة في باطن الأرض كما يحدث في البراكين ويعزى ذلك إلى الحرارة التي توجد في باطن الأرض.

إسهامات كارل لينين في مجال التصنيف الطبيعي

١٧٥٧

يعد عالم الطبيعة السويدي كارل فون لينين أحد علماء التصنيف البارزين حيث كان يجوب العالم بحثًا عن أسماء جميع الأشياء وأماكن وجودها في الطبيعة. هذا، ولا يضم كتابه Systema Naturae عن التصنيف الطبيعي - الذي صدرت النسخة العاشرة منه عام ١٧٥٧ - فقط أسماء جميع النباتات والحيوانات المعروفة، وإنما يحتوي على جميع المعادن والأحجار الكريمة والعناصر اليونانية القديمة وجميع الأجرام السماوية المعروفة والجنس البشري الذي أسبغ عليه صفة الحكمة. هذا، بالإضافة إلى سرد الطرق العلمية المتبعة في التصنيف.

أما، التسلسل الذي أعده كارل لينين لتصنيف المعادن، فقد كان عديم الجدوى ومضيعة للوقت مثله في ذلك مثل تصنيف الأمراض الذي قام به. ويرجع ذلك إلى أنه اعتمد على عوامل قليلة مثل لون المعدن ودرجة لمعانه ومدى صقله والشكل الذي يأخذه. لكن، لم تكن لديه أدنى فكرة عن التركيب الكيميائي لتلك المعادن. على أية حال، تم تصنيف المعادن وفقًا لتركيبها الكيميائي بعد ذلك بعدة عقود. وكان لبعض العلماء السويديين من أمثال كارل شايلي دور عظيم في تصنيفها وفقًا لتركيبها الكيميائي. لكن لم يظهر تصنيف المعادن وفقًا لقدرتها على الانقسام سوى عام (١٧٨٤) وكذلك لم يكن مقياس موهز لقياس صلابة المعادن (١٨٢٠) متاحًا.

كان من الضروري أن يجد كارل لينين أسماءً لوصف جميع النباتات والحيوانات المعروفة التي كان عددها كبيرًا للغاية ويتزايد بسرعة هائلة. لذا، لم يكتفِ باستخدام اللغة اللاتينية التي كانت تكتب بها العلوم في شمال أوروبا (أما في إنجلترا وفرنسا، فقد كانت العلوم تكتب في ذلك الوقت باللغة العامية) في ذلك الوقت، بل استخدم أيضًا اللغة اليونانية القديمة. وقد تم تدريس ذلك التصنيف في الجامعات بعد قرون من الشقاق بين جناحي الكنيسة اللاتيني واليوناني الذي حدث في القرن الحادي عشر.

علاوةً على ذلك، بذل كارل لينين مجهودًا مضنيًا لاستخدام المصطلحات الدقيقة التي تعبر عن شكل الحيوانات والنباتات وتركيبها، بالإضافة إلى وصف البيئة التي تعيش فيها. وقد سعى عالم الكيمياء الفرنسي أنطوان لافوازييه وزملاؤه لاستخدام ذلك الأسلوب الدقيق

في تصنيف المواد الكيميائية بعد ذلك بثلاثين عامًا (١٧٨٧). وقد كان الأسلوب المتبع في ذلك التصنيف يتواءم مع إدراك العلماء المتزايد لأهمية المقاييس والملاحظة والدقة كأساس لتقدم العلوم في جميع أنحاء العالم.

إسهامات جون دولند في اختراع الآلات البصرية

١٧٥٨

أصيب العلماء في منتصف القرن الثامن عشر بالإحباط لعدم قدرة أكثر التليسكوبات والميكروسكوبات تطورًا في ذلك الوقت على رؤية الأشياء بوضوح تام. ومن بين المشاكل التي كانت تعوق رؤية الأشياء بوضوح تلك الهالات الملونة التي كانت تحيط بصورة الشيء الذي يتم رصده. وينتج ذلك الانحراف الضوئي عن انكسار ألوان الضوء بدرجات متفاوتة في أثناء مرورها من العدسة. وقد استطاع إسحاق نيوتن التغلب على تلك المشكلة باختراع التليسكوب العاكس عام ١٦٧٢ الذي يعتمد على استخدام المرايا العاكسة للضوء بدلاً من العدسات التي تقوم بتجميع الأشعة الضوئية.

بالإضافة إلى ذلك، كان جون دولند - وهو ابن لأحد النساجين الفرنسيين البروتستانتين الذين كانوا يعيشون في شرق لندن - من أكثر البارزين في ذلك المجال في تلك الفترة. وقد عمل جون دولند نفسه نساجًا لبعض الوقت حتى اشترك مع ابنه في العمل في مجال صناعة الأدوات البصرية عام ١٧٥٢.

يبدو أن حل المشكلة السابقة قد اُقترح أولاً من قِبل أحد النبلاء في جنوب شرق إنجلترا وهو المخترع تشستر مور هول؛ وذلك حينما ذكر أن الأجزاء المختلفة في العين تحدد قوة انكسار الأشعة الضوئية بحيث تنتج صورة عديمة اللون للشيء، وبناءً على ذلك، استنتج أن صناعة العدسات من مزيج من مواد مختلفة، مثل الزجاج والماء اللذين يعملان على كسر الضوء بدرجات مختلفة، قد تؤدي إلى الشيء نفسه. ونظرًا لأن تشستر مور هول لم يكن بحاجة إلى الشهرة، فإنه لم يبذل أي جهد لنقل تلك الأفكار إلى العالم.

لكن، عندما استمع جون دولند إلى تلك الأفكار، انتابه الشك في صحتها لأنها تتناقض مع أفكار نيوتن. وعلى الرغم من ذلك، فإنه بدأ التجريب فقام بإجراء التجربة التي أسفرت عن نجاح العدسات المصنوعة من كل من الزجاج والماء. لكن كان الأمر مفيدًا بصورة أكبر

عندما استخدم أنواع مختلفة من الزجاج مثل الزجاج التاجي شديد النقاء أو الزجاج الصواني - ذي معامل الانكسار العالي. وبحلول عام ١٧٥٨، تم التغلب على مشكلة الانحراف الضوئي للعدسات تمامًا من خلال العدسات اللالونية. وقد أدى ذلك إلى امتنان علماء الأرصاد له، بالإضافة إلى ميدالية كوبلي التي حظي بها من قِبل الجمعية الملكية. وقد أصبح بعد ذلك بعامين عضوًا فيها وفي عام ١٧٦١ تم تعيينه طبيب العيون الخاص للملك.

بالتالي، صب جون دولند جام تفكيره على العلم مما أدى إلى اختراعه للتليسكوبات ذات العدسات الخلفية التي تعمل على تجميع الضوء بشكل أفضل. لكن، شعر علماء الأحياء بالراحة بشكل أكبر عند اختراع التليسكوبات المركبة التي توجد بها العديد من العدسات بعد ذلك بنصف قرن لأنها تساعدهم على تكبير الأشياء ١٠٠٠ مرة مقارنةً بحجمها الأصلي. وبدأ كل من العالم الكوني الكبير والصغير في الكشف عن أسرارهما.

كاسبر وولف وانتصار نظرية التخلق المتعاقب

١٧٥٩

أثارت مراحل تطور الجنين في الحيوان والإنسان بدايةً من حدوث الحمل حتى الولادة الكثير من الجدل في تلك الفترة. ويذكر أن الطبيب الإنجليزي وليم هارفي الذي كان له دور كبير في اكتشاف الدورة الدموية (١٦١٦) كان أحد مؤيدي مبدأ التخلق المتعاقب. وتكمن الفكرة الأساسية لهذا المبدأ في وجود مادة لم يتم التعرف عليها جيدًا في البويضات الأنثوية. عندما يتم التأثير على تلك المادة بواسطة الحيوانات المنوية الذكرية، فإنها تتشكل حتى تُكَوِّن الأعضاء والأطراف استعدادًا للولادة. وينطبق ذلك على جميع الحيوانات. وبذلك، أعلن هارفي أن جميع الكائنات تخلق من البيضة.

على الجانب الآخر، هناك العديد من العلماء الذين يؤيدون نظرية التخلق السبقي. وتفترض تلك النظرية أن البويضة تحتوي مسبقًا ومنذ البداية على جميع أعضاء الجنين ولكن بحجم دقيق جدًا. وعند حدوث الحمل، تأخذ تلك الأعضاء في النمو. ولكن لم يتوفر أي دليل حقيقي يؤيد هذه النظرية. كما لم تستطع الميكروسكوبات الحديثة إثبات ذلك. وفي الواقع، لم يتمكن العلماء من مشاهدة البويضة حتى ذلك الوقت.

أما في عام ١٦٧٣، فقد اكتشف العالم الهولندي فان لافنهوك وجود حيوانات منوية في السائل المنوي. وقد أدى ذلك إلى ظهور نظرية جديدة تفترض حمل تلك الحيوانات المنوية للجسم المتكون مسبقًا في صورة مصغرة. وأطلق لافنهوك على تلك الحيوانات المنوية اسم الحيوانات الدقيقة. ولكن ظل بعض العلماء متمسكين بالنظرية التي تدعي تَكون الجسم في البويضة مسبقًا حتى ذهب بعض المتطرفين إلى الإدعاء بأن جميع أفراد الجنس البشري قد تكونت مسبقًا في بويضة أم البشر حواء.

من خلال الملاحظات الدقيقة، توصل العلماء إلى النظرية الصحيحة. ففي حوالي عام ١٧٥٩، قام العالم الألماني كاسبر وولف بدراسة تطور أجنة الدجاج داخل بيض الدجاج المخصب. وبالطبع، كان الدجاج يوجد بشكل متوفر ولذلك كان من السهل إجراء التجارب عليه. ومن الواضح أن وليم هارفي ومؤيدي نظرية التخلق المتعاقب كانوا هم الأقرب إلى الصواب؛ حيث لم يستطع كاسبر وولف اكتشاف أي أجنة دقيقة وكاملة التكوين مسبقًا داخل البويضة. وبدلاً من ذلك، وجد العديد من الأنسجة المتشابهة التي تتطور بشكل تدريجي في شكلها وخصائصها مع نمو حجم الجسم. وذكر أن ذلك ينطبق على الإنسان أيضًا. وقد تم إثبات صحة ذلك من خلال الدراسات التي تم إجراؤها على الأجنة التي توفت تلقائيًا قبل مولدها.

لكن، يبقى السؤال مطروحًا عن الأدوار النسبية لكل من البويضة والحيوان المنوي. والإجابة هي أن الحيوانات المنوية تعمل على تحفيز البويضة. لكن، تُرى هل هذا هو الدور الوحيد الذي تلعبه الحيوانات المنوية؟ ظل هذا السؤال مطروحًا أمام العلماء في القرن التاسع عشر.

إسهامات جيوفاني أردوينو في علم دراسة الصخور

م ١٧٥٩

لا تبعد جبال الألب كثيرًا عن سكان شمال إيطاليا مثل جيوفاني أردوينو الذي كان يعيش في فيرونا. وبالتالي، كان من الممكن لأي شخص يهتم بعلم الصخور الذهاب إلى تلك الجبال المكونة من منحدرات صخرية شاهقة تحتوي على طبقات متعددة من الصخور المتباينة في أنواعها لدراستها. كما كان هناك سبب آخر أكثر عمليةً لدراسة الصخور في إيطاليا؛ وهو أنها لا تمتلك الكثير من

ـعدن مثل الدول الأخرى. وكان جيوفاني أردوينو مولعًا بعلم التعدين. وبالتالي، كان يتحقق من جميع أنواع الصخور التي قد تكون مستودعًا لبعض المعادن المفيدة. وقد أدى ذلك إلى محاولته تصنيف المجموعات الأساسية من الصخور التي توجد في المنحدرات الصخرية ومداخل المناجم. وقد استعان في ذلك بشكل الصخور ووجود الحفريات بها.

اعتمد جيوفاني أردوينو على النظرية السابقة التي قدمها نيقولاس ستينو (١٦٦٧) في القرن السابع عشر والتي تفترض أن الصخور التي تكونت أولاً هي التي توجد بالقاع ثم تتكون فوقها طبقات أخرى من الصخور. وقدم جيوفاني أردوينو هذا التصنيف الأساسي لأول مرة عام ١٧٥٠. وأطلق على الصخور الأكثر قدمًا والتي توجد في القاع اسم الصخور الأساسية وتتميز بأنها لا تحتوي على أية حفريات. وفوق تلك الصخور، توجد الصخور الثانوية وتتكون في وضع غير أفقي ولكنها غنية بالحفريات. أما الطبقات الثلاثية، فتقع فوق الصخور الثانوية وتكون غنية بالحفريات، لكنها تتكون في الغالب في وضع أفقي. وبعد ذلك، توجد الصخور الرباعية في الأعلى وهي التي تكونت حديثًا وتحتوي على الحمم الصلبة الناتجة عن البراكين أو طبقات الأحجار الرملية أو الطفل الذي ترسب في قاع المحيط أو البحيرة.

على الرغم من بساطة هذا التصنيف، فإنه لاقى قبولاً واسع النطاق من قِبل العلماء. كما تستخدم حتى الآن العديد من المصطلحات التي أطلقها جيوفاني أردوينو في هذا التصنيف. فيما بعد، وجد العلماء والباحثون السبب في تقسيم تلك المجموعات الرئيسية إلى مجموعات فرعية. وتم إطلاق أسماء عليها وفقًا للمكان الذي ظهرت فيه تلك الصخور على سطح الأرض. وبالتالي، فإن الصخور التي تكونت في العصر الديفوني القديم والتي تحتوي على العديد من حفريات الأسماك البدائية، من السهل الاستنتاج أنها كانت توجد في منطقة ديفون بإنجلترا. أما الصخور السيلورية التي توجد فوق الصخور الديفونية، فقد تم العثور عليها لأول مرة في منطقة تقع في بريطانيا كانت تسكنها قبيلة يطلق عليها اسم السيلور. أما الصخور التي تكونت في العصر الجوراسي وهي الأحدث في التكون، فتوجد في جبال جورا بسويسرا. وتكون تلك الصخور المنحدرات الصخرية الضخمة في تلك المنطقة، كما أنها غنية بحفريات للديناصورات، وهكذا. وقد قام علماء الجيولوجيا حديثًا بتقسيم تلك الفروع إلى العديد من الفروع الأخرى.

إسهامات جوزيف كولريوتر في علم التهجين

١٧٦١

في عام ١٦٩٤، أعلن عالم الطبيعة الألماني رودولف كامراريوس أن النباتات تحتاج إلى تبادل حبوب اللقاح كي تتكاثر. وبعد ذلك بستين عامًا، توصل نظيره الألماني جوزيف كولريوتر، الذي كان يعمل مديرًا لإحدى المزارع النباتية، إلى اكتشاف شيء آخر وهو أن بعض أنواع الحشرات والطيور والرياح أحيانًا تساعد في إتمام عملية التلقيح بين النباتات. كما كان جوزيف كولريوتر أول من أعلن أن رحيق الأزهار يعمل على جذب الحشرات والطيور كي تتم عملية التلقيح. بالإضافة إلى ذلك، أعلن ناظر إحدى المدارس بألمانيا ويدعى كريستيان شبرينجل أن شكل الأزهار وألوانها ورحيقها وجميع تركيباتها مصممة بحيث تسهل عملية التلقيح.

لكن، الأمر الذي كان يصيب جوزيف كولريوتر بالحيرة هو السبب في إفراز النباتات لذلك العدد الهائل من حبوب اللقاح الذي قد يصل إلى الملايين أو ربما المليارات دون الاستفادة من كل هذا العدد. لذا، فقد استنتج أن كل نبات يفرز نوعًا مختلفًا من حبوب اللقاح، وتستطيع تلك النباتات تخصيب حبوب اللقاح التي تفرزها فقط أو الحبوب التي تكون قريبة الشبه منها بدرجة كبيرة. أما في حالة الاختلاف الشديد في تلك الحبوب عن حبوب اللقاح الأساسية التي تفرزها الزهرة، فإنه لن يحدث التخصيب. وفي الحالات التي يحدث فيها التخصيب، لا يمكن لتلك الحبوب الملقحة أن تتكاثر. ومن الأمثلة الواضحة على ذلك الزهرة التي استطاع المزارع الإنجليزي توماس فيرتشايلد (١٧١٩) الحصول عليها بتلقيح زهرة القرنفل الملتحي مع القرنفل. ونتج عن ذلك النوع من التلقيح زهرة غير مثمرة أطلق عليها اسمه.

هذا، وقد أدى ذلك إلى اكتشافه بعض قواعد التهجين بين النباتات. فعلى سبيل المثال، عند استخدام حبوب اللقاح لنبات معين لتخصيب نبات شبيه به بدرجة كبيرة، فإن النتاج سوف يحتوي على بعض الصفات من كلا النوعين موضحًا أن البويضة (عضو التكاثر في الأنثى) وحبوب اللقاح يحددان صفات الجيل التالي. كما اكتشف أن بإمكانه تحويل نوع معين من نبات التبغ إلى نوع آخر عن طريق التلقيح المختلط المستمر الذي يقتضي أخذ حبوب اللقاح من النوع الثاني فقط وتلقيح النوع الأول به.

بالإضافة إلى ذلك، أشار جوزيف كولريوتر إلى ما يعرف باسم "قوة الهجين" بمعنى أن نتاج التلقيح المختلط يكون ذا صفات أفضل كأن يكون مثلاً أكثر مقاومةً للظروف المغايرة عن النبات الأصلي. وبعد مضي قرن على ذلك، قام العالم جريجور مندل بتكرار تلك التجارب مع التوسع فيها (١٨٦٥). كما أوضح العالم شبرينجل أن مثل هذا التلقيح المختلط يحدث طوال الوقت في الطبيعة. كما اعتبر تشارلز داروين (١٨٥٩) أن التلقيح المختلط يعد قوة دافعة أساسية في عملية التطور.

مرور الزهرة أمام الشمس

١٧٦١

في السادس من يونيو عام ١٧٦١، شاهد العلماء مرور كوكب الزهرة من أمام الشمس وقد حدث ذلك مرة ثانية في الثالث من يونيو عام ١٧٦٩. وكان عالم الفلك الإنجليزي أدموند هالي قد اقترح منذ نصف قرن من الزمان أن القياس الدقيق للوقت الذي يستغرقه كوكب الزهرة للمرور أمام الشمس - والذي من الممكن رؤيته من عدة أماكن على سطح الأرض - يمكن استخدامه لقياس المسافة بين الأرض والشمس. وبالتالي، يمكن تحديد حجم النظام الشمسي بأكمله (كما اقترح كاسيني عام ١٦٧٢).

لذا، أقيم أول وأضخم مشروع علمي دولي في التاريخ مكونًا من شبكات تربط بين أكثر من ٦٠ محطة لرصد ذلك الحدث العلمي (مرور الزهرة من أمام الشمس في المرتين). وقد أنشئ ذلك المشروع بالتنسيق بين الأكاديمية الفرنسية للعلوم والجمعية الملكية. لكن، حدث مرور الزهرة الأول أمام الشمس بينما كانت الحرب دائرة بين فرنسا وإنجلترا. وقد تم رصد ذلك الحدث من عدة مواقع في جميع أنحاء أوروبا مثل سان بيترسبورج في روسيا والمواقع البعيدة في سانت هيلينا وإقليم لابلاند والهند وسيبريا وأفريقيا الجنوبية وكندا والمكسيك وموريشيوس. كما رصد جيمس كوك وفريقه مرور الزهرة أمام الشمس في تاهيتي عام ١٧٦٩. وكانت تلك البعثات والرحلات الاستكشافية الكبرى تضم العديد من العلماء الذين خاطروا بصحتهم وحتى بحياتهم لتحدي الطبيعة.

لكن، أسفرت تلك البعثات عن إنجازات هائلة حيث عاد العديد من الراصدين بالكثير من المعلومات الجيدة مثل تحديد المدة التي استغرقها مرور الزهرة من أمام الشمس (٧ ساعات وثانيتين). كما اضطروا إلى حساب دوائر العرض وخطوط الطول للمواقع التي تم من خلالها رصد ذلك الحدث. وكان ذلك يعد أمرًا صعبًا قبل اختراع جون هاريسون لجهاز الكرونومتر الذي يستخدم لقياس الوقت بدقة بالغة عام ١٧٦٥.

قد أسفر ذلك المجهود المضني عن نتائج ذات قيمة هائلة. إذ أنه من خلال المعلومات التي تم جمعها في أثناء عمليتي الرصد، تم حساب المسافة بين الشمس والأرض والتي قدرت بما يقل عن ١٥٠ مليون كيلو متر بمسافة قليلة، وهو ما يعرف باسم الوحدة الفلكية. ويعد ذلك الرقم ١ بالمائة فقط من المسافة الحقيقية التي توصل إليها العلماء فيما بعد.

صياغة جوزيف بلاك لمفهومي الحرارة النوعية والحرارة الكامنة

١٧٦١

عندما أصبح الترمومتر من الأدوات الأساسية الموثوق فيها لقياس درجة الحرارة بشكل جيد عام ١٧٤٢، أخذ العلماء في اكتشاف الخواص الأساسية عن طبيعية الحرارة. وكان جوزيف بلاك الذي اكتشف الهواء الحبيس – المعروف باسم غاز ثاني أكسيد الكربون (١٧٥٤) – في مقدمة هؤلاء العلماء. وقد أيد صحة النظريتين القويتين اللتين اقترحهما كل من العالم الألماني جوهان وايلك والعالم السويسري جان ديلوك في الوقت نفسه من خلال الملاحظات التي قاما بها كل منهما بشكل مستقل عن الآخر.

كان جوزيف بلاك قد لاحظ كبعض ممن سبقوه أنه عند ذوبان الثلج أو غليان الماء، يبدو أن درجة حرارتهما لا تتغير على الرغم من كمية الحرارة التي يتم امتصاصها. وأطلق على هذه الظاهرة اسم الحرارة الكامنة. ومن خلال الملاحظات والتجارب الدقيقة، استطاع جوزيف بلاك اكتشاف أن كمية الحرارة اللازمة لغليان كمية معينة من الماء وتحولها إلى بخار تساوي كمية الحرارة نفسها التي تنطلق عند تكثيف البخار وتحويله إلى ماء مرةً ثانية. وقد أدت تلك الملاحظات المهمة إلى تفسير العديد من الظواهر التي توجد في الطبيعة، مثل تحديد السبب في أن العرق الجاف يؤدي إلى تلطيف البشرة. كما تم تفسير السبب

الذي يجعل تكثيف بخار الماء داخل السحب يؤدي إلى انطلاق بعض الطاقة التي من شأنها أن تحول تلك السحب إلى رعد.

لاحظ جوزيف بلاك أيضًا أنه عند تسخين بعض المواد المختلفة مثل مجموعة مختلفة من المعادن، فإن درجة حرارتها لا ترتفع بالمقدار نفسه. ويعزى ذلك إلى أن كل مادة تتطلب كمية معينة من الحرارة (الحرارة النوعية) لرفع درجة حرارتها - لنقل بمقدار درجة واحدة مثلاً. وقد ساعد ذلك جيمس وات الذي كان صديقًا للعالم جوزيف بلاك إلى تقليل كمية الحرارة التي يفقدها المحرك البخاري الذي اخترعه حديثًا في أثناء تشغيله. وذلك عن طريق تخصيص مكثف منفصل للبخار يحافظ على ثبات درجة حرارة كل من الأسطوانة والمكبس. كما أدت تلك الاكتشافات الجديدة إلى تحديد الفرق بين مفهوم الحرارة ودرجة الحرارة أو ما كان يطلق عليه جوزيف بلاك الفرق بين كمية الحرارة وشدة الحرارة. وعلى الرغم من ذلك، استمر الجدل حول تعريف الحرارة.

إسهامات ماركوس بلينسيز في تصنيف الأمراض

١٧٦٢

تعددت تفسيرات الأطباء خلال الألفية الأولى حول السبب في إصابة الإنسان بالمرض. وكان بعضهم يعتقد أن سبب الإصابة بالأمراض هو عدم التوازن في السوائل الأربعة التي توجد بالجسم. وقد أدى ذلك التشخيص الخاطئ إلى اتباع أساليب علاج غير مجدية وتشكل خطرًا في بعض الأحيان على صحة الإنسان مثل أسلوب فصد الدم أو التطهير. بالإضافة إلى ذلك، كان يعتقد البعض الآخر من الأطباء أن السبب في إصابة الإنسان بالمرض - وبشكل خاص الأمراض الوبائية المنتشرة - يرجع إلى الغازات السامة التي توجد بالهواء الملوث، وبذلك تكون الأمراض أكثر انتشارًا في المناطق التي توجد بها المستنقعات أو المنازل الرطبة. لذلك، يطلق على مرض الملاريا المميت حتى الآن اسم الهواء الملوث.

في وقت مبكر، لاحظ بعض مستخدمي الميكروسكوب وبشكل خاص العالم الهولندي فان لافنهوك عام ١٦٧٣ وجود بعض الكائنات الحية الدقيقة في العديد من السوائل. إذ كثيرًا ما تمتلئ أنواع عديدة من السوائل، مثل: مياه البرك واللعاب والسوائل المعوية وطبقات من

المواد المخاطية أو البكتيرية التي توجد على سطح الأسنان، بتلك الكائنات الحية الدقيقة. وكان أول من اقترح أن تلك الكائنات هي التي تتسبب في إصابة الإنسان بالمرض هو أحد الأطباء بمدينة فيينا ويدعى ماركوس بلينسيز. وقد كتب ماركوس بلينسيز عام ١٧٦٢ مقترحًا أن هناك بذورًا توجد في الهواء تتسبب في الإصابة بالعديد من الأمراض. وتشبه تلك البذور الكائنات الحية المجهرية ولكنها متعددة الأنواع. عندما تدخل تلك البذور إلى الجسم عن طريق التنفس أو البلع، فإنها تتكاثر مسببة أحد الأمراض. ويذكر ماركوس أن كل كائن من هذه الكائنات يتسبب في الإصابة بمرض معين. وقد أدى ذلك الاقتراح إلى إعادة إحياء نظرية بذور الأمراض التي قدمها العالم جيرولامو فراكاستورو قبل ذلك بمائتي عام (١٥٤٦).

بالإضافة إلى ذلك، كان ماركوس بلينسيز في مقدمة العلماء الذين توقعوا ذلك، لكنه لم يستطع تقديم أي دليل للربط بين تلك الكائنات الحية المجهرية ومرض معين. على أية حال، ظهر ذلك الدليل أخيرًا بعد مضي قرن من الزمان عندما قدم العالم الفرنسي لويس باستور نظريته عن الجراثيم التي تؤدي إلى الإصابة بالأمراض عام ١٨٦٢. ومن الجدير بالذكر أن ماركوس بلينسيز هو أول من استخدم الكلمة "جراثيم" لوصف تلك الكائنات.

تحديد الموقع (٢): اكتشاف خطوط الطول

١٧٦٥

أقر البرلمان البريطاني قانون خطوط الطول في عام ١٧١٤. وقد قرر منح جائزة قيمة قدرها ٢٠٠٠٠ جنيه إسترليني للشخص أو المجموعة التي تستطيع اكتشاف خط الطول الذي تتبعه السفينة في البحر بمقدار درجة واحدة وجائزة قدرها ٤٠٠٠٠ جنيه إسترليني في حالة تحديد خط الطول الذي تتبعه السفينة في البحر بمقدار نصف درجة. وتعد تلك الجوائز مبالغ ضخمة في ذلك الوقت، إلا أن المشكلة كانت ملحة وخطيرة حيث شاع تحطم السفن بسبب عدم قدرة البحارة على تحديد مواقعهم في البحار غالبًا. وفي عام ١٧٠٧، تسببت كارثة من هذا النوع في خسارة ٤ سفن بحرية؛ بالإضافة إلى وفاة ٢٠٠ شخص.

في عام ١٧٣١، كان من السهل على قائد السفينة تحديد خطوط الطول بسهولة، ولكنه لا يستطيع تحديد ما إذا كان ذلك الخط يقع شرق أو غرب الميناء الذي رحل منه. وقد بدا

ذلك مستحيلاً في ذلك الوقت. لكن بعد مدة طويلة، تم التوصل إلى حل لتلك المشكلة حتى إذا كان بشكل نظري فقط. ويكمن الحل في أن القائد يستطيع ببساطة المقارنة بين التوقيت المحلي الذي تشير إليه الشمس في عرض البحر مع الوقت في موطنه الأصلي. فيعني كل ساعة فرق بينهما اختلاف في خطوط الطول بمقدار ١٥ درجة.

لكن، كيف يمكن معرفة التوقيت المحلي الذي تم تحديده في البحر عندما يعود القبطان إلى الوطن؟ من الممكن اكتشاف ذلك بطريقتين مختلفتين ولكن تواجه كل منهما بعض المشاكل عند التطبيق. أولهما أنه من الممكن أن يأخذ القائد ساعة معه عند خروجه من وطنه. لكن، هل يمكن أن تستمر تلك الساعة في العمل دون تعطل؟ أو هل بإمكانه استخدام علامة لتحديد الوقت بشرط أن يتمكن من رؤيتها في المكانين في الوقت نفسه كأحد الأجسام الموجودة بالسماء مثلاً. فعلى سبيل المثال، يمكن تحديد موقع القمر بين النجوم كعلامة يمكنه الاستدلال بها على الوقت بسهولة. لكن، على أية حال، تكون حركة القمر غير منتظمة لأنها قد تزداد أو تقل وفقًا لعدة أسباب. ويترتب على ذلك أن حساب المعلومات اللازمة سوف يتطلب بذل مجهود مضن على الرغم من أن إسحاق نيوتن (١٦٨٧) قد قدم الطرق التي يمكن بها حساب ذلك. وبعد ذلك، قدم عالم الفلك نيفل ماسكلاين الطبعة الأولى من كتابه Nautical Almanac عن التقويم القمري عام ١٧٦٧ والذي يستخدم حتى الآن لمساعدة قائدي السفن في التعرف على خط الطول الذي تقع فيه السفينة في مدار درجة واحدة (أي حوالي ١٠٠ كيلو متر).

يعد ذلك عملاً جيدًا، لكن قام أحد صانعي الساعات ويدعى جون هاريسون - الذي كان يعمل نجارًا في يورك شاير - بعمل أفضل كثيرًا من ذلك. ويعتمد في ذلك العمل على أخذ الدورة الأولى للقمر كما حاول كريستيان هايجنز عام ١٦٥٦. وفي عام ١٧٦٥، استطاع ابتكار ما اعتقده البعض شيئًا مستحيلاً، فقد تمكن من اختراع كرونومتر يمكن الوثوق به؛ لأنه لا يفقد أو يأخذ سوى جزء من الدقيقة خلال رحلة تستغرق ٦ أسابيع. وبالتالي، أمكن تحديد خطوط الطول مع وجود نسبة من الخطأ المسموح بها. لكن، حاول بعض من أعضاء البرلمان الحاقدين والمناورين عدم منحه الجائزة التي وعد بها البرلمان إلى أن تدخل الملك في منحه الجائزة وخلد عمله اسمه على مدار التاريخ.

جمعية بيرمنجهام

١٧٦٥

لم تقتصر الحاجة إلى اتحاد علماء للعمل كمجموعة واحدة تتبادل الأفكار فيما بينها على الجمعية الملكية بلندن التي أسست عام ١٦٦٢ والأكاديمية الفرنسية للعلوم ولكن وجدت أيضًا الجمعية القمرية ببيرمنجهام التي كان عدد أعضائها لا يتجاوز ١٤ عضوًا، ولكنها ذات تأثير كبير ومكانة مرموقة في المجتمع. لذا، عُرف أعضاؤها بأنهم من كبار المفكرين أو في بعض الأحيان لجنة التطوير التابعة للثورة الصناعية.

بدأت تلك الجمعية في الانعقاد عام ١٧٦٥ مرة واحدة كل شهر عند اكتمال القمر في السماء. وقد أدى ذلك الموعد إلى التفكير في إضاءة الشوارع في أثناء الليل. لذا، قام وليم موردوك وهو أحد أعضاء الجمعية باختراع الغاز الذي يستخدم لإنارة الشوارع. وعادة ما كان يلتقي الأعضاء في منزل بمنطقة سوهو وكان يملكه أحد رجال الصناعة ماثيو بولتون. كما كان ينتمي لتلك الجمعية عالم الكيمياء ورجل الدين جوزيف بريستلي الذي اكتشف غاز الأكسجين عام (١٧٧٤) والطبيب إيرازموس داروين (١٧٩٤) جد العالم تشارلز داروين – وجيمس وات مخترع المحرك البخاري وشريك بولتون في العمل ورائد صناعة الأواني الفخارية جوسيه ويدجوود ووليم ويذرينج (١٧٨٥)، الطبيب الذي أجاد استخدام نبات القمعية لعلاج مرض القلب، ورجل الإصلاح التعليمي ومخترع التلغراف ريتشارد إيدجورث ورائد صناعة الصابون جيمس كير.

في الواقع، جاد التاريخ بالعديد من العباقرة والعمالقة الذين كانوا يجتمعون في مكان واحد وفي غرفة واحدة عن طريق تلك الجمعية. وبالإضافة إلى أولئك الأعضاء الأساسيين، هناك العديد من الأسماء البارزة مثل الأمريكي بنيامين فرانكلين (١٧٥١) وتوماس جفرسون الذي أصبح فيما بعد رئيسًا للولايات المتحدة الأمريكية ورائد الهندسة المدنية جون سميتون مخترع الأسمنت الهيدرولي الذي قام ببناء المنارة إديستون الأخيرة .

هذا، وقد جمع بين هؤلاء الأشخاص العديد من الاهتمامات والمشاعر. فقد كانوا مؤمنين بالليبرالية ومعظمهم منشق عن الدين وكانوا متعاطفين مع أهداف الثورتين الفرنسية والأمريكية، إن لم يكن مع المبدأ ذاته. لكن في الوقت نفسه، كانوا يؤيدون الرأسمالية

بنكية الخاصة والمشاريع الخاصة. وكان اهتمامهم ينصب على التطبيقات العلمية التي تساعد في التغلب على مشاكل الصناعة وبعض القضايا مثل بناء القنوات والحاجة إلى الدقة في الأوزان والمقاييس.

علاوةً على ذلك، فإنه كان يسود تلك الاجتماعات الشهرية جو من المتعة بالإضافة إلى مناقشة القضايا الجادة. ونظرًا لشعور الأعضاء بذلك الجو من الإثارة والتفاؤل، فقد أطلقوا على أنفسهم اسم المولعين بالجمعية وبالعلم. وكان لديهم الاعتقاد بأنهم يساعدون في بناء عالم أفضل من خلال المعرفة والمشاريع الصناعية التي يقومون بها؛ حيث يتم الوفاء بالاحتياجات المادية للجميع من خلال التطور الصناعي. هذا، وقد عُقد الاجتماع الأخير لتلك الجمعية عام ١٨١٣ بعد وفاة جميع الأعضاء المؤسسين تقريبًا ولكن بقيت تلك الروح تؤثر في المجتمع لمدة طويلة.

إسهامات العالم الروسي ميخائيل لومونسوف

١٧٦٥

يعد ميخائيل لومونسوف أول العلماء الروسيين البارزين في الواقع. وسواءً أعاش في باريس أم في لندن بدلاً من سان بيترسبورج، فإنه قد كان واحدًا من أكثر العلماء شهرةً في ذلك الوقت. فقد قدم ميخائيل لومونسوف العديد من الاكتشافات أو الإنجازات كي يحظى بتلك المكانة المرموقة. وتوضح أبحاثه أنه قد نسخ أو بالأحرى توقع العديد من أعمال الباحثين الآخرين مثل توقعه لرفض العالم أنطوان لافوازييه لنظرية العنصر الملتهب (١٧٧٥). هذا، بالإضافة إلى اعتقاده بأهمية بقاء المادة وتوقعه للنظرية الذرية للعالم جون دالتون (١٨٠٨) ونظرية حركة الغازات للعالم دانيال برنولي (١٧٣٨) ونظرية بنيامين طومسون عن تغير الحرارة. كما أن توقعاته بأن الطبيعة في تطور مستمر بصورة بطيئة بدلاً من ثباتها أو تطورها بصورة ثابتة يتطابق بشكل كبير مع آراء العالم جيمس هاتون (١٧٧٨).

هذا، وتضم قائمة إنجازاته المذهلة ذلك التصنيف الذي يضم ٣٠٠٠ معدن وملاحظته الأولى حول تجمد الزئبق السائل. كما أشار إلى أن التربة والفحم والبترول والخث والكهرمان كلها تنشأ من الكائنات الحية بشكل ما. وقد كان على وفاق مع بعض من معاصريه، كما

كان عضوًا شرفيًا بعدد من الأكاديميات العلمية بالسويد وبولونيا. لكن، معظم أعماله لم تكن معروفة سوى في روسيا حتى وفاته عام ١٧٦٥ وهو في الرابعة والخمسين من عمره.

كان ميخائيل لومونسوف ابنًا لأحد الصيادين الروسيين، ثم أرسل إلى ألمانيا للدراسة. وعند عودته إلى وطنه، أصبح أستاذًا في الكيمياء الحديثة ورئيسًا لجامعة سان بيترسبورج فيما بعد. ونظرًا للهفته لتقدم التعليم في روسيا، فإنه ساعد في تأسيس جامعة موسكو التي أطلق عليها اسمه فيما بعد. كما كان ميخائيل لومونسوف عضوًا بارزًا في أكاديمية سان بيترسبورج للعلوم التي أنشأها الملك بيتر العظيم في الوقت الذي كان يسيطر عليها الأجانب.

يعلق الكاتب الروسي بوشكين قائلاً إن العالم الروسي ميخائيل لومونسوف قد جمع بين جميع فروع العلم. وبالطبع لا ننسى أن نذكر أنه كتب الشعر وفقًا لقواعد الشعر الألماني (حيث عاش هناك) كما كتب في القواعد النحوية لتحسين لغة الأدب الروسي. هذا، بالإضافة إلى تحدثه اللغة السلافونية القديمة التي تستخدم في الكنائس. كما دَوّنَ تاريخ روسيا بأسلوب لم يسبقه أحد إليه بالإضافة إلى إحيائه لفن الفسيفساء الروسي الذي يدين له بالفضل في استمراره وبقائه حتى الآن.

علاوةً على ما سبق، نجد أن عملية رصد كوكب الزهرة في أثناء مروره أمام الشمس (١٧٦١) قبل وفاته بأربعة أعوام جعلته على صلة بجميع رجال الأرصاد في جميع أنحاء العالم. ومن خلال المقاييس التي حددها، فإنه اكتشف أن حجم الزهرة يبلغ تقريبًا حجم الأرض نفسه. كما استنتج أن كوكب الزهرة قد يكون له غلاف جوي وأن حافة قرص الكوكب الذي يقابل الشمس تبدو غير واضحة.

اكتشاف هنري كافندش لغاز الهيدروجين القابل للاشتعال

م ١٧٦٦

يعد هنري كافندش واحدًا من أبناء الطبقة الأرستقراطية ورجلاً ذا ثروة ضخمة. لذلك، كان يعتبر الأغنى بين المتعلمين والأكثر علمًا بين الأغنياء. وكانت تتوالى أسرته في منصب الدوق في ديفون شاير، وكان لديهم بيت عظيم في تشاتوورث. وفيما بعد، أهدت أسرته معمله الشهير لجامعة كامبريدج.

كان هنري كافندش غريب الأطوار بعض الشيء وظل أعزب طوال حياته نظرًا للخوف الذي كان ينتابه من السيدات، كما كان لا يهتم بمظهره. ومن المحتمل أنه كان مصابًا بمتلازمة أسبرجر، أحد أنواع مرض الانطواء على الذات. وعلى الرغم من ذلك، يعد هنري كافندش من الباحثين المتميزين في إجراء التجارب في العديد من المجالات وقد أصبح عضوًا في الجمعية الملكية وهو لا يتجاوز التاسعة والعشرين من عمره. وعلى الرغم من ذلك، لم تنشر معظم أعماله سوى بعد وفاته.

جدير بالذكر أن هنري كافندش قد قام بالفعل بنشر اكتشافاته عن الغازات. وكان لديه اهتمام بدراسة الغازات وبشكل خاص الغاز الذي يُكَوِّن الفقاعات عند ترك قطع من الحديد أو الزنك في وعاء به حمض. لكنه، لم يكن الأول الذي يلاحظ وجود ذلك الغاز. فقد سبقه في ذلك علماء آخرون، من بينهم العالم روبرت بويل عام ١٦٦١ والعالم ستيفن هيلز عام ١٧٢٧. لكن، كان هنري كافندش الأول في دراسة ذلك الغاز بشكل جدي (تقريبًا منذ عام ١٧٦٦)، ومنذ ذلك الحين عرف هنري كافندش بأنه مكتشف هذا الغاز - الهيدروجين.

من الجدير بالذكر أن هذا الغاز يتميز ببعض الخواص التي لا يمكن التنبؤ بها. فعلى سبيل المثال، يعرف هذا الغاز بأن وزنه خفيف جدًا؛ فعند ملء بالون بذلك الغاز عام ١٧٨٣)، فإنه أولاً استطاع رفع عدد من الأشخاص في الهواء. ثانيًا، يتميز بأنه قابل للاشتعال وذلك على النقيض من جميع الغازات الأخرى المعروفة مثل الهواء العادي وثاني أكسيد الكربون. ووفقًا للنظرية القديمة في تفسير الاحتراق - التي قبلها كافندش - فإن جميع الأشياء تحترق بسبب احتوائها على مادة اللاهوب (١٧٢٣). ونظرًا لاعتقاده بأن ذلك الغاز القابل للاشتعال يحتوي على مادة اللاهوب، فقد ورد بخاطره أن يقوم بفصل ذلك الغاز واعتبر ذلك أحد الأعمال البطولية التي تؤدي إلى الشهرة.

فضلاً عن ذلك، فإن هنري كافندش قد كرس نفسه لمدة ٢٠ عامًا لدراسة ذلك الغاز الجديد. ففي عام ١٧٨١، قام بخلط ذلك الغاز القابل للاشتعال مع الهواء العادي في وعاء، فانفجر الخليط مكونًا لهبًا من النيران. وعند تبريد الوعاء، ظهرت قطرات من الندى على الجدران والتي ثبت فيما بعد أنها قطرات من الماء. وقد أدى ذلك إلى تسمية الغاز باسم غاز الهيدروجين وهو مشتق من كلمتين يونانيتين تعنيان صانع الماء. ← ١٧٩٨

$$Fe + H_2SO_4 \longrightarrow H_2 + FeSO_2$$

حديد + حمض الكبريتيك (حمض الكبريتيك المركز) ← غاز الهيدروجين (الغاز القابل للاشتعال) + كبريتات الحديد

$$H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$$

هيدروجين + أكسجين ← ماء

أجرى هنري كافندش في البداية التفاعل في الاتجاه الأصلي (إلى اليمين)؛ من خلال حرق غاز الهيدروجين في الأكسجين لتكوين الماء. بينما قام أنطوان لافوازييه بإجراء التفاعل في الاتجاه المعاكس عن طريق تسخين بخار الماء على لهب الحديد الأحمر الساخن، مما أدى إلى تحلل الماء إلى جزيئات الهيدروجين والأكسجين.

إسهامات لازرو سبولانزي في علم الأحياء

١٧٦٨

منذ عصر أرسطو، شاع الاعتقاد بإمكانية نشأة الكائنات الحية من المواد غير الحية بشكل تلقائي مثل نشأة الديدان من اللحم المتعفن والفئران من أكوام القش المتعفنة والذباب من العرق. ومن بين الأشخاص الذين استطاعوا القضاء على مثل تلك الأفكار رجل الدين الإيطالي لازرو سبولانزي.

انطلاقًا من الأبحاث التي أجراها نظيره السابق فرانسيسكو ريدي منذ قرن مضى (يان سفامردام ١٦٧٠) والتي أثبتت أنه إذا وضع اللحم بعيدًا عن الذباب، فإنه سيظل خاليًا من الديدان. ومن خلال ذلك، أثبت لازرو سبولانزي أن الديدان هي يرقات الذباب. وعلى الرغم من ذلك، كان اللحم يفسد ثم يصدر رائحة كريهة. وفي عام ١٧٦٨، اكتشف لازرو سبولانزي أنه في حالة ترك حساء اللحم معرضًا للهواء، فإنه يتعفن بشكل سريع. لكن، عندما يتم غليه ثم وضعه في إناء محكم الغلق، فإنه يبقى طازجًا. كما أن القارورة المعرضة للهواء سوف تقوم بحفظ حساء اللحم من التعفن، إذا كان الانحناء في القارورة يحبس بعض جزيئات ذرات الغبار ويمنعها من السقوط بالداخل.

انطلاقًا من تلك الملاحظات، استنتج لازرو سبولانزي أن السبب في تعفن اللحم يكمن في الهواء أو ذرات الغبار. وبالتالي، فإن التعفن لا يمكن أن يحدث تلقائيًا. لكن، السبب في ذلك

يعود إلى البكتريا أو الميكروبات التي تمت رؤيتها بالفعل باستخدام تلك الميكروسكوبات البدائية ١٦٧٣)، على الرغم من عدم معرفة العلماء في ذلك الوقت لما تقوم به تلك الكائنات المجهرية.

كان لازرو سبولانزي لديه العديد من الاهتمامات الأخرى مثل دراسة القانون وتدريس نطق واللغة اليونانية في بعض الأوقات، لكنه كان منذ الصغر يميل إلى مجال العلم. فقد كان يهتم بالتكاثر في الحيوانات مثل التكاثر في الثدييات، موضحًا أن التكاثر يتطلب تخصيب بويضة من الحيوان المنوي. كما كان أول من قام بعملية تخصيب صناعي بين الكلاب.

إسهامات جيمس كوك في الملاحة

١٧٦٩

كان الرحالة الإنجليزي جيمس كوك هو نجم الرحلات الاستكشافية في القرن الثامن عشر. خلال ثلاث رحلات على مدى عقد كامل، أبحر إلى عشرات الآلاف من الكيلو مترات في المحيط الهادئ والمحيطات الجنوبية.
وفي عام ١٧٦٩، عقب زيارته لجزيرة تاهيتي في أثناء محاولته رصد كوكب الزهرة عند مروره أمام الشمس (١٧٦١)، قام بالإبحار غربًا ليكتشف الساحل غير المعروف للقارة والذي أطلق عليه اسم ساحل ويلز الجنوبي. ورافقه في هذه الرحلة عالمان في الأحياء؛ هما العالم الإنجليزي جوزيف بانكس الذي أصبح فيما بعد مديرًا للحدائق النباتية الملكية ورئيسًا للجمعية الملكية (١٧٧٨) والعالم السويدي دانيال سولاندر الذي دربه العالم كارل لينين.

أما رحلته الثانية الطويلة التي استمرت من عام ١٧٧٢ حتى ١٧٧٥، فقد أخذته إلى الجنوب رغبةً في معرفة حدود ما يعرف افتراضيًا باسم أرض الجنوب العظمى أو ربما رغبةً في اكتشافها. وقد أبحر حول تلك الأرض دون أن يستطيع التعرف على الساحل؛ على الرغم من دورانه في محيط مئات الكيلو مترات في أحيان كثيرة. استنتج أنه في حالة وجوده، فإن حافة كل قارة سوف تغطى بالثلج وتظل بأكملها في الدائرة القطبية الجنوبية والتي كان أول من يعبرها. لكن، تأخر الاكتشاف الأول لحدود ساحل القارة القطبية الجنوبية (الأنتاركتيكا) لمدة ٥٠ عامًا أخرى. كما كان جيمس كوك أول من دار حول الأرض من الغرب إلى الشرق. بالإضافة إلى ذلك، كان جيمس كوك أول من استفاد بالكرونومتر الذي اخترعه جون هاريسون ليساعده في تحديد خطوط الطول.

أما رحلته الثالثة التي استمرت من عام ١٧٧٨ حتى ١٧٧٩، فقد أسفرت عن اكتشاف جزر هاواي. لكن، كان الهدف الحقيقي من تلك الرحلة هو البحث عن الطرف الغربي للممر الشمالي الغربي؛ حيث كان يعتقد بوجود طريق طويل يصل بين المحيط الأطلنطي والمحيط الهادئ أعلى أمريكا الشمالية، لكنه مختفٍ تحت الثلوج. كما اكتشف حدود ساحل كولومبيا البريطانية وألاسكا قبل العبور خلال مضيق بيرينج الذي اكتشفه الرحالة الهولندي فيتوس بيرينج عام ١٧٢٨؛ حيث وجد أن أمريكا الشمالية وسيبيريا ليستا متصلتين ببعضهما البعض وإنما يفصل بينهما مجرى مائي صغير. لكن، الثلوج الكثيفة قادته إلى هاواي مرةً أخرى؛ حيث قتل هناك في نزاع مع السكان الأصليين لها.

من الجدير بالذكر أيضًا أن جيمس كوك كان دقيق الملاحظة ويتميز بالمهارة في الملاحة وعلم الفلك. وقد ربطت رحلاته البحرية بين العديد من الموضوعات المطروحة في ذلك الوقت؛ مثل: رصد مرور كوكب الزهرة أمام الشمس (١٧٦١) واستخدام الكرونومتر ووجود العلماء المدربين في الرحلات البحرية لتوثيق تلك الاكتشافات العلمية والبحث عن الممر الشمالي الغربي والقضاء على الإسقربوط (١٧٤٧) عن طريق العناية بأفراد الطاقم واتباع نظام غذائي محدد.

إسهامات أنطوان لافوازييه في علم الكيمياء الحديثة

١٧٧٠

كان العلماء لا يزالون مهتمين بالمفهوم اليوناني القديم عن العناصر الأربعة؛ التراب والهواء والنار والماء حتى عام ١٧٧٠. وكانت تلك الفكرة تجذب علماء الكيمياء الحديثة بشكل خاص؛ حيث كانوا يفكرون في إمكانية تحويل كل عنصر من تلك العناصر إلى عنصر آخر. فمثلاً، يؤدي غليان الماء وتسخينه مدة طويلة إلى تبخره مخلفًا القليل من الفضلات والرواسب. والسؤال هو: هل يمكن أن يكون الماء قد تحول إلى تراب؟

هذا، ويعد أنطوان لافوازييه من أعظم الباحثين في جميع أنحاء العالم. وكان والده ثريًا ويعمل محاميًا، لذلك، مارس أنطوان لافوازييه مهنة المحاماة قبل أن يتجه إلى العلوم. وفي السابعة والعشرين من عمره وعندما كان بالفعل عضوًا في الأكاديمية الفرنسية للعلوم، قام باختبار لتحويل الماء إلى تراب. لذا، قام بتسخين الماء شديد النقاء في وعاء زجاجي لمدة

١٠٠ يوم، ثم قام بجمع وتكثيف كل البخار المتصاعد. وفي النهاية، ظهر بعض الرواسب، ولكن ومن خلال الملاحظة الدقيقة أدرك أنطوان لافوازييه أن تلك الرواسب لم تنتج من الماء، بل من تحلل الجدار الداخلي للوعاء الزجاجي.

انطلاقًا من ذلك، استنتج لافوازييه أنه لا يمكن تحويل الماء إلى تراب. والأهم من ذلك هو ما أظهره خلال تلك التجربة من أهمية الحرص على القياس الدقيق. ويعد ذلك أحد الإسهامات العديدة التي قدمها لعلم الكيمياء الحديثة خلال العقدين التاليين، أو في الواقع علم الكيمياء بأكمله خلال الفترات التالية. ← ١٧٣٣

اكتشاف الحفريات

١٧٧٠

عندما كان يُكتشف وجود عظام وأسنان ضخمة لبعض المخلوقات الغريبة في المناجم والمحاجر في أثناء الثورة الصناعية، كان الناس يعتقدون في البداية أنها بقايا لبعض الأنواع العملاقة من البشر التي ما زالت تعيش حتى الآن. والأكثر غرابة من ذلك أنهم كانوا يعتقدون أنها بقايا لبعض المخلوقات الأسطورية مثل التنين. وقد تطلب تغيير ذلك الاعتقاد إلى ١٠٠ عام من البحث والتنقيب. وقد ظهرت المقاومة في البداية من رجال الدين الذين كان من بينهم بعض الباحثين الذين يعتقدون أن انقراض بعض المخلوقات يعتبر انشقاق عن الدين؛ لأنه يخالف ما جاء في الكتاب المقدس.

على أية حال، أخذت الأدلة على ذلك الأمر في التزايد. ففي عام ١٧٠٥، تم اكتشاف حفرية لأسنان ضخمة على ضفاف نهر هدسون بأمريكا الشمالية. وكان يعتقد أنها أحد أسنان إنسان عملاق. لكنه كان في الواقع أحد أسنان حيوان المستودون، أحد فصائل الفيلة التي تعرضت للانقراض. وفي عام ١٧١٩، تم العثور على هيكل عظمي شبه كامل لحيوان ضخم في إحدى الصخور شديدة الصلابة. وقد بدأ الباحث تقريره بهذا الوصف، لكن فيما بعد اكتشف أنه هيكل عظمي لأحد الزواحف المائية الضخمة. وفي عام ١٧٨٧، تم التعرف على عظمة عملاقة لأحد الديناصورات تم العثور عليها في نيو جيرسي بأمريكا الشمالية. وقد تكون تلك هي أولى العظام التي تم العثور عليها للديناصورات.

بعد ذلك، اكتملت الصورة تدريجيًا حيث أصبح من الصعب إنكار وجود الزواحف العملاقة التي تستطيع الطيران أو السباحة أو الأفيال الضخمة أو حيوان الكسلان وغيرها من المخلوقات الأخرى التي كانت تعيش على كوكب الأرض في الماضي ثم تعرضت للانقراض.

من أكثر الحفريات التي تم اكتشافها تأثيرًا تلك التي عثر عليها بالقرب من نهر ميز عام ١٧٧٠ بهولندا في أحد مناجم الطباشير. حيث اكتشف عمال المنجم وجود جمجمة مكشوفة يبلغ طولها أكثر من متر بداخل إحدى الصخور القوية التي توجد على عمق ٣٠ مترًا تحت الأرض. وعقب الانتهاء من العمل، استدعى العمال السيد هوفمان، الطبيب المحلي الذي كان مهتمًا بالحفريات ويكافئ عمال المناجم الذين يخبرونه بوجود إحداها. وتم نقل تلك الحفرية على الجانب الأعلى من السفينة في فخر، ولكن، بعد فترة آلت ملكيتها إلى مالك الأرض التي وجدت الحفرية داخلها. وقد أصبحت تلك الحفرية بعد ذلك جائزة للحرب؛ حيث استولت عليها القوات الفرنسية المنتصرة فيما بعد.

في عام ١٧٩٩، أكد أحد الخبراء الفرنسيين في التنقيب عن الحفريات أن تلك الجمجمة تخص إحدى الزواحف المائية التي كانت تعيش قبل التاريخ. وقد أيد وجهة النظر تلك فيما بعد عالم الحفريات الأكثر خبرةً جورج كوفييه عام ١٨١٢. وقد أطلق على ذلك النوع من الزواحف اسم موسيسور والتي تضم المقطع اللاتيني من الاسم Meuse River والمقطع اللاتيني الذي يعبر عن كلمة السحلية. وإلى الآن، يطلق اسمه على تلك الزواحف. وتعد تلك الحفرية أقوى دليل على وجود حياة مختلفة على سطح ذلك الكوكب في الماضي.

إسهامات جوزيف بريستلي في تنقية الهواء السام

١٧٧١

في عام ١٧٧١، قام رجل الدين الإنجليزي المتشدد جوزيف بريستلي الذي كرس حياته للعلم والعبادة فقط بإشعال شمعة ثم وضع فوقها برطمان، فاستمرت الشمعة في الاشتعال لبرهة ثم انطفأت بعد ذلك. ولا يوجد ما يثير الدهشة في ذلك، إذ هناك العديد من البشر الذين يلاحظون ذلك يوميًا. ويشبه ذلك الأمر حبس الفأر في برطمان، فإنه سرعان ما سيموت.

لكن، جوزيف بريستلي فكر في ذلك الأمر مليًا. فاعتقد أن الهواء الموجود بالبرطمان في تلك الحالة يحتوي على غاز ضار ناتج عن اشتعال الشمعة أو عن تنفس الفأر. وبالتالي، لا يمكن لأي كائن العيش داخل ذلك البرطمان، كما لا يمكن أن تظل الشمعة مشتعلة داخله. إذا صح ذلك الافتراض، فمن المؤكد أن هناك مكانًا على سطح الأرض لا تحدث فيه تلك العملية وإلا استهلكت جميع الشموع المشتعلة والفئران منذ بدء الحياة الهواء الموجود على سطح الأرض وبالتالي، تنتهي الحياة على سطح الأرض. على أية حال، لم يتوفر لديه أي دليل على نقصان حجم الهواء عما كان عليه منذ بدء الخليقة. لذلك، كان السؤال الذي يثير حيرة جوزيف بريستلي هو: كيف يحدث ذلك؟ وما الشيء الذي يعيد تنقية الهواء مرةً أخرى؟

خمن جوزيف بريستلي أن النباتات الخضراء قد تكون لها صلة بذلك الأمر. ويعني ذلك أن لديها القدرة على إعادة الهواء كما كان عليه، بغض النظر عما ينتج من اشتعال الشمعة أو تنفس الفأر. ولاختبار تلك الفكرة، قام بوضع عود من النعناع تحت البرطمان مع الشمعة المشتعلة ولكنها انطفأت في الحال. ثم أتاح جوزيف بريستلي لعود النعناع المزيد من الوقت واستمر في تكرار تلك التجربة لمدة ٤ أسابيع تقريبًا حتى حدث ما كان يتوقعه.

لتجنب إعاقة التجربة، اضطر إلى إعادة إشعال الشمعة باستخدام مرآة حارقة لتركيز حرارة الشمس على الشمعة. وعندما اشتعلت الشمعة كما كانت، شعر جوزيف بريستلي بالسعادة لاكتشافه كيف يتم تنقية الهواء السام. ويكمن ذلك في أن النبات يقوم بتلك العملية طوال الوقت. لقد كان اكتشاف عظيم بالنسبة له.

كان جوزيف بريستلي يعيش في الوقت الذي عاش فيه العالم الأمريكي بنيامين فرانكلين (١٧٥١) وقد كان في حالة وفاق معه. فعندما علم بالنتائج التي توصل إليها جوزيف، كتب معلقًا: "أرجو أن تساعد تلك المعلومات التي توصل إليها جوزيف (كيفية إعادة تنقية الهواء من خلال النباتات) على التفكير مليًا قبل تدمير الناس للأشجار التي تنمو أمام المنازل باعتبارها إحدى خطوات تحسين البساتين الحديثة من وجهة نظرهم الخاطئة". ← ١٧٧٤

عند اكتمال معرفتنا باكتشاف ما، فإن ذلك لا يعني أننا نصل إلى درجة من اكتمال المعرفة لدينا. ذلك، لأننا نكتشف أننا لا نتوقف مطلقًا عن اكتساب معارف غير مكتملة عن اكتشافات أخرى لم تكن لدينا أدنى فكرة عنها من قبل. وبالتالي، فإنه لا يمكن لنا أن نحل أحد الشكوك دون أن نطرح العديد من الأشياء الأخرى المثيرة للشك والتي تدفعنا إلى التعرف على مثل تلك الاكتشافات.

جوزيف بريستلي

اكتشاف دانيال رذرفورد لغاز النيتروجين

١٧٧٢م

قدم اكتشاف العالم جوزيف بلاك غاز ثاني أكسيد الكربون (الهواء الحبيس) عام ١٧٥٤ الحماس لطالبه دانيال رذرفورد الذي استكمل أبحاث معلمه، والتي استمرت على مدى عقد كامل؛ حيث قام بوضع فأر في وعاء محكم الغلق حتى مات. وبعد ذلك، قام أولاً بإشعال شمعة ثم بعض الفسفور حتى توقفا عن الاشتعال. وبعد ذلك، قام بتمرير الغاز خلال ماء الجير ليمتص الهواء الحبيس الذي ينتج خلال عملية الاشتعال. لكن، عندما قام دانيال رذرفورد باختبار الغاز المتبقي، وجد أنه لا يساعد على اشتعال أي شيء. كما أن الغاز يؤدي إلى اختناق الفأر بسرعة كبيرة ثم موته. لذا، أطلق على ذلك الغاز اسم الغاز السام.

استخدم كل من دانيال رذرفورد وجوزيف بلاك نظرية العنصر الملتهب (١٧٢٣) لتفسير ما يحدث. وهو أن المادة المحترقة أو المشتعلة تطلق ذلك اللهب الذي يمتص بواسطة الهواء المحيط. وبذلك، فإن الهواء الذي استنشقه الفأر حتى موته أو الذي أدى إلى انطفاء الشمعة كان مشبعًا بمادة اللاهوب، ولا يمكنه امتصاص المزيد. وبالتالي، لا يمكن لأي شيء العيش في ذلك الهواء كما لا يمكن للشمعة الاشتعال. ولذا، فقد أطلق على هذا الغاز السام اسم الهواء المشبع بمادة اللاهوب. وبعد ذلك بعدة عقود، أطلق عليه اسم غاز النيتروجين نظرًا لوجوده في نترات البوتاسيوم أو ملح البارود الذي يستخدم في صناعة البارود.

كما فعل بعض العلماء الآخرين، استمر دانيال رذرفورد في البحث عن الغاز الذي يوجد في الهواء بنسبة كبيرة بعد النيتروجين وأطلق عليه غاز الاشتعال والمعروف الآن باسم غاز الأكسجين. وبعد ذلك، حصل دانيال رذرفورد على مهنة مميزة كأستاذ لعلم النبات بجامعة إدنبره مسئول عن الحدائق النباتية. كما كان دانيال رذرفورد خال الروائي وولتر سكوت.

إسهامات جوزيف لاجرانج في مجال الفلك

١٧٧٢

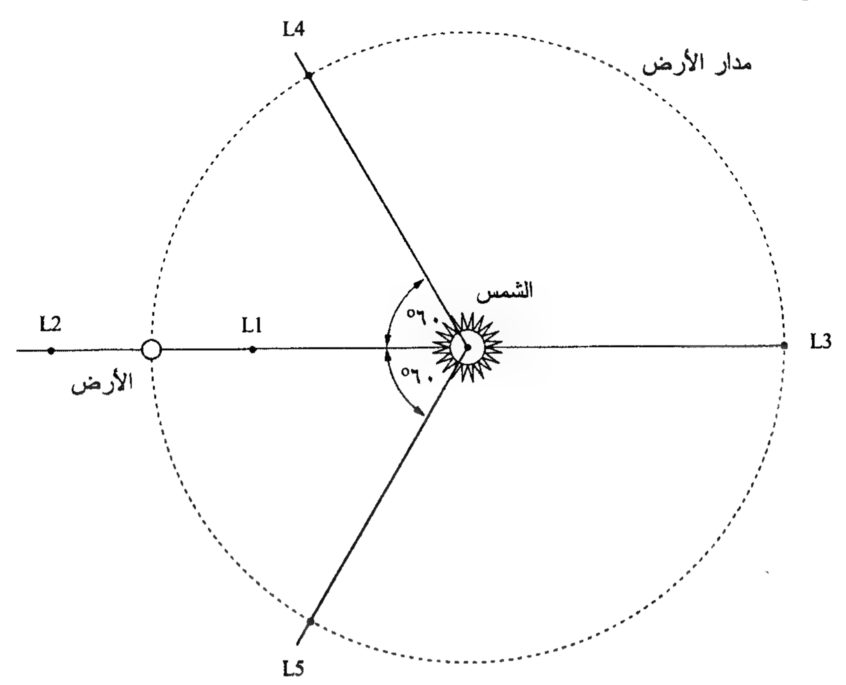
يتميز علماء الرياضيات البارزون بتعدد المجالات التي يقومون بالبحث فيها ودراستها، لذلك فإنهم عادةً ما يتركون إرثًا من الاكتشافات في العديد من المجالات البحثية. ويعد جوزيف لاجرانج أحد هؤلاء العلماء وقد كان ينتمي إلى القارة الأوروبية بأكملها فقد ولد في إيطاليا وكرس نفسه منذ صغر سنه لتعلم اللاتينية. كما كان عضوًا نشطًا لمدة ٢٠ عامًا في أكاديمية برلين للعلوم. لكنه، كثيرًا ما يعتبر فرنسيًا. ذلك بالطبع، لأنه أنهى حياته المهنية هناك؛ حيث عمل على تقديم النظام المتري والتدريس في الكليات المرموقة. كما كان عضوًا بارزًا في الأكاديمية الفرنسية للعلوم لذا، منحه نابليون لقب الكونت ووسام جوقة الشرف.

تعد نقاط لاجرانج واحدة فقط من بين اكتشافاته العديدة. وتلك النقاط ليست مجرد أفكار رياضية ولكنها تعبر عن مواضع حقيقة مهمة في الفضاء. وجد جوزيف لاجرانج تلك النقاط في أثناء دراسته لمشكلة الأجسام الثلاثة. حيث أوضح إسحاق نيوتن من خلال قوانين الجاذبية والحركة التي أصدرها في كتابه Principia (١٦٨٦ - ١٦٨٧) كيف يمكن لجسم صغير مثل القمر التحرك كما لو هناك قوة تجذبه للدوران في مداره. وأشار إسحاق نيوتن أن تلك القوة هي قوة الجاذبية. لكنه، لاحظ أن الأرض هي الأخرى تدور حول الشمس. وبالتالي، يتم جذب القمر بشكل تلقائي في اتجاهات مختلفة بواسطة كل من الأرض والشمس. وبذلك، نشأت مشكلة الأجسام الثلاثة. وقد تصبح تلك المشكلة أكثر تعقيدًا إذا تساوت جاذبية كل من الشمس والأرض. لأن ذلك يعني أن القمر سوف يتبع مسارًا خاطئًا وغير معروف.

بناءً على ذلك، أراد لاجرانج أن يعرف ما إذا كان هناك بعض المواقع في الفضاء يتمكن القمر عندها من الاحتفاظ بموقعه بصورة نسبية بالنسبة لكل من الأرض والشمس وبالتالي يمكن تحديد موقعه دائمًا. وقد أسفرت الحسابات التي قام بها عن تحديد خمسة مواقع أطلق عليها اسم نقاط لاجرانج ويرمز إليها بالرموز L1 حتى L5. وقد حاز جوزيف لاجرانج على جائزة

الأكاديمية عام ١٧٧٢ لاكتشافه تلك النقاط. وتقع ثلاث من تلك النقاط على الخط الذي يصل بين الشمس والأرض. فعلى سبيل المثال، تقع L2 على الطرف البعيد للأرض عن الشمس.

أما L4 وL5، فتقعان على مدار الأرض بزاوية ٦٠ درجة لأعلى و٦٠ خلف الأرض في أثناء تحركها في الفضاء. وفي وقتنا هذا، يهتم علم الفضاء بتلك النقاط. وفيما يتعلق بالنقطة L2، فإنها تقع دائمًا في الظل. وبالتالي، فإنها تعد موقعًا ملائمًا لوضع المعدات الحساسة لإمعان النظر في الفضاء السحيق (١٩٩٢). أما L4 وL5، فإنهما موقعان مناسبان لوضع المعدات الثقيلة التي تستخدم في البعثات الفضائية الكبرى. على أية حال، لم يشاهد لاجرانج أي من تلك الأشياء في عصره.



اكتشف عالم الرياضيات الفرنسي جوزيف لاجرانج نقاط لاجرانج. عند وجود القمر عند أي من تلك النقاط الخمس، فإنه من الممكن أن يحافظ على موقعه في علاقة نسبية مع كل من الشمس والأرض، وبالتالي، يمكننا دائمًا تحديد موقعه. تعد النقطة L2 موضعًا مثاليًا لوضع المعدات لرصد الفضاء العميق دون تدخل من الشمس، ذلك لأنها توجد بشكل دائم في ظل الأرض. ومن الممكن وضع تليسكوب بديل عن تليسكوب هابل الفضائي في ذلك الموضع.

إسهامات أنطوان لافوازييه في تفسير عملية الاحتراق وأسبابها

١٧٧٣

عندما بلغ أنطوان لافوازييه الثلاثين من عمره، كان يعد واحدًا من علماء الكيمياء البارزين في فرنسا. وكان أنطوان لافوازييه منشغلاً بالتعرف على السبب وراء احتراق الأشياء. وكان كثيرًا ما يراوده الشك في التفسير العام المقبول لدى العلماء لاحتراق الأشياء؛ وهو أن الأشياء المحترقة تطلق مادة اللاهوب (جوهر النار). فعند تسخين قطعة من الرصاص في وجود الهواء، فإنها تكون قشرة ملونة يطلق عليها اسم الكلس. ويفقد الكلس مادة اللاهوب أيضًا. وقد شاعت تلك النظرية منذ أن قدمها الألماني جورج شتال عام ١٧٢٣، وذلك لأنها كانت تقدم تفسيرًا للكثير من الأشياء في ذلك الوقت.

أما أنطوان لافوازييه، فقد أدرك وجود خطأ ما بالنظرية منذ البداية. كما أصبح وضع تلك النظرية يزداد سوءًا مع اتجاه علماء الكيمياء الحديثة إلى تحري الدقة والمقاييس الدقيقة في أبحاثهم. إذ، كيف يمكن أن تصبح الشمعة المحترقة - والتي تفقد مادة اللاهوب - أخف وزنًا، بينما يزداد وزن قطعة الرصاص عند تسخينها وفقدها اللاهوب هي الأخرى؟ والسؤال الذي يطرح نفسه هنا هو: هل هناك نوعان من اللاهوب، أحدهما يحسب وزنه بالسالب؟

للحصول على إجابات لذلك اللغز، قام أنطوان لافوازييه بتسخين الرصاص في وعاء مغلق؛ بحيث لا يتمكن أي شيء من الدخول أو الخروج منه. وقد لاحظ زيادة وزن قطعة الرصاص نظرًا لتكون الكلس، مع عدم تغير وزن الوعاء نفسه بعد التجربة. واستنتج من ذلك أن الوزن الذي اكتسبه الرصاص فقده الهواء الذي يوجد بالوعاء. وبالتالي، فإن الكلس لم يتكون نتيجة فقد الرصاص لمادة اللاهوب وإنما لأنه اكتسب شيئًا جديدًا من الهواء.

هكذا، عند احتراق الشمعة فإنها تفقد جزءًا من وزنها. لكن، يظل الوزن الكلي للوعاء ثابتًا في كلتا الحالتين. وبالتالي، ما زال هناك جزء من الحقيقة لم يتم كشفه. ومن الممكن افتراض أن تلك المادة ما زالت موجودة ولكنها اتحدت مع مادة أخرى موجودة بالهواء لتكون أحد الغازات غير المرئية. وتلك المادة في الهواء هي التي تتسبب في عملية الاحتراق وتكوين المعادن للكلس. كما أنه من الممكن استخراجها من الحديد الخام عند تسخينه مع الفحم النباتي للحصول على الحديد. هذا، وتفترض نظرية العنصر الملتهب القديمة في تفسير

الاحتراق أن الفحم النباتي يمد الحديد الخام بمادة اللاهوب. أما الآن، فإن أنطوان لافوازييه يقترح أن الفحم النباتي هو الذي يقوم بسحب المادة المجهولة من خام الحديد.

بناءً على ذلك، قدم أنطوان لافوازييه بديلاً ممكنًا لنظرية العنصر الملتهب القديمة لتفسير عملية الاحتراق والتكليس والانصهار. ولكن يبقى أمر واحد وهو اكتشاف عامل الاحتراق. وقد ظهرت الإجابة عن ذلك السؤال بعد عام واحد فقط. ← ١٧٧٥

اكتشاف كارل شايلي للكلور

١٧٧٤

في عام ١٧٧٤، قام العالم والصيدلي السويدي كارل شايلي في واحدة من تجاربه العديدة بإضافة ما يعرف الآن باسم ثاني أكسيد المنجنيز إلى ما يعرف الآن باسم حمض الهيدروكلوريك الذي كان يعرفه باسم الحمض البحري. وقد أصابته الدهشة عندما تَكَوَّن غاز أصفر لاذع يميل إلى الخضرة وهو الآن يعرف باسم غاز الكلور. ويشتق الاسم من اللغة اليونانية للكلمة التي تعني اللون الأخضر وذلك مثل الكلوروفيل.

$$4HCl + MnO_2 \longrightarrow Cl_2 + MnCl_4 + 2H_2O$$

حمض الهيدروكلوريك (الحمض البحري) + ثاني أكسيد المنجنيز (بيرولوسيت) ⟵ كلور + كلوريد المنجنيز + ماء

وفقًا للمصطلحات الشائعة في ذلك العصر، أطلق كارل شايلي على الغاز الذي اكتشفه اسم الحمض البحري الذي يحتوي على مادة اللاهوب. ومن الجدير بالذكر شرح السبب وراء تلك التسمية. قبل إجراء تلك التجربة بخمسين عامًا، ذكر الإنجليزي ستيفن هيلز أنه عند تسخين خليط من الملح البحري مع حمض الكبريتيك، فإنه يتصاعد غاز لاذع عديم اللون أطلق عليه اسم غاز الحمض البحري لأنه يستخرج من الملح. وعند ذوبان ذلك الغاز في الماء، فإنه يتحول إلى الحمض البحري (حمض الهيدروكلوريك). لكن الغاز الناتج عن تجربة كارل شايلي يختلف تمامًا عن ذلك الغاز، لذا توجب عليه تسميته باسم آخر. ونظرًا لأنه كان يعتقد أنه لا يحتوي على المادة التي تساعد على الاشتعال (١٧٢٣)، فإنه أضاف كلمة اللاهوب إلى الاسم. وانطلاقًا مما سبق، نلاحظ أنه كم كانت هناك حاجة ماسة لتنظيم لغة الكيمياء في ذلك الوقت.

إن غاز الكلور من الغازات النشطة تمامًا حتى في حالة عدم وجود مادة اللاهوب. كما أنه لا يوجد حرًا أو وحده في الطبيعة على الإطلاق. وبالتالي، فإن ذلك الغاز شديد الانجذاب للمواد الأخرى مكونًا مركبات شديدة الصلابة. وفي وقت مبكر، كان قد تم اكتشاف أن الكلور مبيض قوي؛ بمعنى أنه يستطيع إزالة الألوان من المواد النباتية وبالتالي، يعمل على تبييض الأقمشة المصنوعة من الكتان أو القطن. ويعد ذلك الاكتشاف من العوامل المهمة التي أدت إلى نمو صناعة النسيج بشكل سريع. وقد كان الكيميائي الفرنسي كلود بيرتوليه من بين أول العلماء الذين لاحظوا ذلك. وقد عمل فيما بعد مع لافوازييه وبعض العلماء الآخرين على ابتكار لغة جديدة للكيمياء الحديثة تم نشرها عام ١٧٨٧.

نظرًا لخطورة غاز الكلور (غاز سام تم استخدامه في الحرب العالمية الأولى)، فإنه تم ابتكار طريقة أكثر أمانًا تطورت كي يستخدم كمبيض للألوان وقد أُطلق عليه في هذه الطريقة اسم مسحوق التبييض. وقد أُطلق عليه أيضًا اسم مسحوق تقصير الألوان، ويمكن الحصول على ذلك المسحوق بتفاعل الكلور مع الجير المطفأ؛ أي يتم تسخين الحجر الجيري للحصول على الجير الحي ثم يُخلط بالماء (١٧٥٤). كما تم استخدام ذلك المركب كمطهر (سميلويس ١٨٤٧). ويتم الآن تطهير حمامات السباحة من الطحالب باستخدام المواد الكيميائية التي تطلق غاز الكلور. ← ١٧٧٧

إسهامات جوزيف بريستلي في اكتشاف غاز الأكسجين

١٧٧٤

بدأت ثورة اكتشاف الغازات بواسطة رجل الدين الإنجليزي ستيفن هيلز (١٧٢٧) الذي حول الكيمياء الحديثة إلى أحد فروع العلم. وقد واصل عمله رجل دين آخر هو الإنجليزي جوزيف بريستلي؛ الذي تسببت عقائده الدينية والسياسية المتطرفة في تعرضه للعديد من المشاكل. وفي إحدى المرات، تم نهب منزله ومعمله في بيرمنجهام من قِبل العامة الغاضبين عام ١٧٩١.

عمل جوزيف بريستلي على تحسين طست تجميع الغاز؛ وذلك باستخدام الزئبق بدلاً من الماء. وبعد ذلك، استطاع جمع الغازات الذائبة في الماء كما فعل جوزيف بلاك عند جمع الهواء الحبيس (ثاني أكسيد الكربون) عام ١٧٥٤. وقد لاحظ جوزيف بريستلي أنه عند

امتصاص الماء لغاز ثاني أكسيد الكربون - كما يطلق عليه الآن - فإنه يتكون سائل ذو طعم لاذع قابل للفوران. ويعد ذلك هو النموذج البدائي لماء الصودا وجميع المشروبات الغازية والتي سميت بذلك لأن الغاز الناتج يتكون من تسخين معدن ما يطلق عليه اسم الصودا أو كربونات الصوديوم. وقد استمر جوزيف بريستلي في اكتشاف المزيد من الغازات، مثل: غاز الأمونيا (النشادر) وأكسيد النيتروز وكلوريد الهيدروجين وثاني أكسيد الكبريتيك والتي أضافها إلى قائمة الغازات الموجودة في ذلك الوقت والتي كانت تشتمل على غازي الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون فقط.

من الجدير بالذكر أن أعظم الاكتشافات التي توصل إليها جوزيف بريستلي في عام ١٧٧٤ كانت نتيجة لاستخدامه الزئبق في طست تجميع الغازات أو على الأقل نتيجة للكلس الأحمر الذي يتكون على الزئبق عند تسخينه بلطف في الهواء. فقد قام جوزيف بريستلي بتسخين بعض من ذلك الكلس مع استخدامه لمرآة حارقة كبيرة حتى تعمل على تجميع أشعة الشمس وتركيزها. وكانت النتيجة مذهلة؛ حيث عاود الزئبق الأصلي الظهور في صورة كرات لامعة ودقيقة، بالإضافة إلى تصاعد غاز قام بجمعه. وقد اكتشف أن ذلك الغاز يتميز بخصائص غير متوقعة منها أنه يساعد على الاشتعال بشكل أسرع وأسهل من الاشتعال في الهواء العادي. كما أنه يؤدى إلى انفجار شظية مشتعلة من الخشب في صورة لهب. بالإضافة إلى ذلك، فإنه لا يؤدي إلى موت الفئران عند استنشاقه. كما وجد جوزيف بريستلي نفسه أنه أصبح أكثر حيويةً عندما استنشق جزءًا منه.

هذا، وقد كان جوزيف بريستلي مؤمنًا ليس فقط بخالق هذا الكون، وإنما أيضًا بأمور أخرى منها نظرية العنصر الملتهب أو اللاهوب أو غاز الاشتعال الذي ينتج عند احتراق الأشياء كما كان يعتقد بذلك معظم العلماء الآخرين. وقد افترض جوزيف بريستلي أن ذلك الغاز يقل في وجود مادة اللاهوب حيث يتم امتصاصه بشدة في أثناء الاحتراق، وبالتالي، فإنه يساعد على زيادة الاشتعال. هذا، وبفضل العالم الفرنسي أنطوان لافوازييه الذي أثبت عدم صحة نظرية العنصر الملتهب، فإننا نطلق على هذا الغاز الآن اسم الأكسجين.

$$2HgO \longrightarrow 2Hg + O_2$$

أكسيد الزئبق (الكلس الأحمر للزئبق) ⟵ زئبق + أكسجين

تلخص تلك المعادلة اكتشافات كل من جوزيف بريستلي وأنطوان لافوازييه. أولاً بالتسخين الهادئ، يحدث تفاعل الموجود بالمعادلة ولكن في الاتجاه الأيسر؛ أي يتكون أكسيد الزئبق (الكلس الأحمر للزئبق) من الزئبق. ولكن عند التسخين الشديد وإجراء التفاعل في الاتجاه الأيمن، فإننا نحصل على الزئبق السائل مع تصاعد غاز الأكسجين.

إسهامات نيقولا دسمارست في دراسة آثار البراكين

١٧٧٤

تعد المرات المرتفعة الضخمة التي تقع على الساحل الشمالي لأيرلندا من أهم عوامل الجذب السياحي بالمنطقة. وتتكون تلك الممرات من أعمدة ضخمة من الصخور السوداء على جانب المنحدرات الشاهقة، وقد تم تكسير العديد منها لتوسيع الطرق. وتوجد تلك العلامات المميزة في العديد من الأماكن مثل منطقة أوفيرن بفرنسا. وقد جذبت تلك العلامات انتباه نيقولا دسمارست الذي كان يعمل مفتشًا عامًا على جميع الصناعات في فرنسا. وكان نيقولا دسمارست قد اعتاد السفر كثيرًا إلى عمله - غالبًا سيرًا على الأقدام - وذلك رغبةً منه في إشباع اهتماماته الأخرى والتي تكمن في دراسة الصخور. وقد أصبح لديه اعتقاد تام أن الأعمدة سداسية الشكل التي رآها في أوفيرن بفرنسا - والتي تشبه تلك المرات المرتفعة التي توجد على الساحل الشمالي لأيرلندا - قد تكونت نتيجة تصلب الصخور المنصهرة التي تكونت في أثناء البراكين الخامدة الآن.

قام نيقولا دسمارست بدراسة تلك المسألة بطريقة منهجية. وفي عام ١٧٧٤، قام بنشر مقال يشتمل على خريطة جيولوجية لطرح تلك الدراسة وتدعيمها. وقد أظهرت الخريطة مواقع البراكين القديمة والحمم البركانية التي تغير لونها منذ أن اكتسبت صلابتها ونتج عنها العديد من المناظر الطبيعية المختلفة. وفي بعض الأماكن، يشبه العديد من تلك الأعمدة آلة أرغن ضخمة. كما أشار نيقولا دسمارست - ربما لأول مرة - إلى أي مدى تكون المناظر الطبيعية ناتجة عن عوامل التعرية. فعلى سبيل المثال، قد يشق أحد السهول طريقه عبر الطبقات الصخرية بمرور الوقت ليكون واديًا بأكمله؛ ومن الممكن أن تُكَوِّن العديد من روافد الأنهار الكبيرة شبكة متداخلة من الأودية. وبالطبع، تستغرق تلك العملية الكثير من الوقت، وهو الأمر الذي يزيد من حيرة العلماء بخصوص تحديد عمر الأرض (١٧٤٠).

علاوةً على ذلك، فإنه يطلق على الصخور الموجودة بتلك الأعمدة اسم صخور البازلت وتبدو للعين المجردة أنها شديدة الشبه ببعضها البعض؛ ويقل بها وجود تلك البلورات المرئية التي تتكون من العديد من المعادن المختلفة، بينما يمكن رؤيتها في صخور الجرانيت. ومن الواضح، أنه بمجرد سقوط تلك الحمم على الأرض تقل درجة حرارتها وتبرد بشكل سريع بحيث لا تتمكن تلك البلورات من زيادة حجمها. وبالتالي، فإنه إذا كان الجرانيت يتكون هو الآخر من الصخور المنصهرة – وقد حدث جدل كبير حول ذلك الأمر بين مكتشفي البلوتونيوم والنبتونيوم عام ١٧٧٥ – فمن الواضح أنه يتكون في الطبقات العميقة التي توجد تحت الأرض حيث تحتفظ تلك الحمم بالحرارة الموجودة في باطن الأرض؛ مما يتيح لتلك البلورات الوقت اللازم لتكونها. وبالتالي، كلما زاد العمق الذي توجد عنده تلك الصخور، يزداد حجم تلك البلورات.

إسهامات برسيفال بوت في مجال الطب والجراحة

١٧٧٥

يعد الجراح الإنجليزي برسيفال بوت واحدًا من أبرز الشخصيات في مهنته حتى الآن. وخلال الخمسين عامًا التي قضاها بمستشفى سانت بارثولوميو، بذل الكثير من الجهد لتحسين الأساليب الجراحية. فعلى سبيل المثال، استخدم الكي بالحديد الساخن في الجروح. وقد ظلت تلك الطريقة تُستخدم فيما بعد بشكل معتاد بعد العمليات الجراحية لوقف النزيف. ومن الجدير بنا أن نتذكر في هذا المقام أنه في هذا الوقت لم يكن قد اكتشف بعد أهم السبل التي أدت إلى تطور العمليات الجراحية بشكلها الحالي، ونعني بذلك المواد المخدرة والمطهرة التي اكتشفت بعد ذلك بقرن كامل.

من أهم الإنجازات التي قام بها برسيفال بوت هي وضعه نقطة البداية للطب المهني. ففي عام ١٧٧٥، وجد أن عمال تنظيف المداخن أكثر عرضةً للإصابة بسرطان الصفن. وقد استنتج أن السبب في ذلك يعود إلى تعرضهم الدائم للسخام. وتعد تلك هي المرة الأولى التي يتم فيها الربط بين أحد العوامل الموجودة ببيئة العمل والإصابة بمرض خطير. وبعد ذلك، توالت الأمثلة على الأمراض التي تصيب أصحاب مهنة ما بشكل أكبر. فعلى سبيل المثال، كان هناك شك في أن التبغ يساعد على الاستجمام بدلاً من العمل. كما أشار جون هيل عام

١٧٦١ إلى وجود علاقة بين استنشاق مسحوق التبغ والإصابة بمرض السلائل المخاطي الخبيث (والمميت في كثير من الأحيان).

ترك برسيفال بوت لنا إرثًا كبيرًا يتمثل في طلابه. فعلى سبيل المثال، أصبح العالم الاسكتلندي جون هانتر أكثر شهرةً من أستاذه؛ حيث أصبح الجراح الخاص للملك وفيما بعد أصبح الجراح العام. وقد عمل جون هانتر على الرقي بمهنة الجراحة من مجرد تجارة فنية إلى مهنة مساوية في الأهمية لجميع أفرع الطب الأخرى. وتعد دراساته للأسنان هي بداية طب الأسنان الحديث. ووفقًا للمعايير الحديثة التي وضعها، وجد أن أسنان السكان في حالة مروعة. كما أطلق جون هانتر الأسماء الحديثة للأسنان مثل الضروس والقواطع والأنياب. وقام أيضًا بتطوير مفهوم الالتهابات وبعض الأمراض الأخرى. كما ألف كتابًا مشهورًا عن الجروح الناتجة عن الطلقات النارية والذي اعتمد فيه على ملاحظاته القديمة عندما كان جراحًا بالجيش خلال الحرب التي استمرت ٧ سنوات ضد فرنسا.

بالإضافة إلى ذلك، حقق أحد تلاميذه ويدعى أدوارد جنر شهرةً فائقةً عند اكتشافه لمصل مرض الجدري (١٧٩٦).

إسهامات أنطوان لافوازييه في استبدال اللاهوب بالأكسجين

١٧٧٥

في نهاية عام ١٧٧٤، قام رجل الدين والعالم الإنجليزي جوزيف بريستلي بزيارة العالم المشهور أنطوان لافوازييه في باريس، وهناك أخبره عن الاكتشاف الذي توصل إليه بشأن الغاز الذي يساعد على اشتعال الأشياء بشكل أسرع من اشتعالها في الهواء العادي (١٧٧٤). وقد أثار ذلك الاكتشاف اهتمام العالم أنطوان لافوازييه، إذ أنه من الممكن أن يكون هذا الغاز هو عامل الاحتراق الذي أراد أنطوان لافوازييه اكتشافه للقضاء على نظرية العنصر الملتهب القديمة وإثبات عدم صحتها إلى الأبد. لذلك، فإنه سرعان ما قام بإعادة تجارب بريستلي وتعامل معها بالطرق المنهجية التي اعتاد عليها. لكنه، للأسف، عند نشره تلك النتائج لم يشر إلى بريستلي بأي شكل من الأشكال على الرغم من ذكره في مناسبات كثيرة أنه يدين له بالفضل في ذلك الاكتشاف.

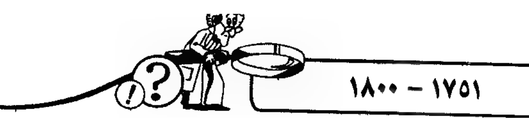
قام أنطوان لافوازييه بحرق الزئبق المكلس عن طريق تسخينه بواسطة تركيز أشعة الشمس عليه عدة أسابيع حتى شاهد الكلس الأحمر. بعد ذلك، قام بوضع الوعاء الذي

استخدمه في عملية التسخين في وضع مقلوب بالماء، فارتفع مستوى الماء في أثناء التجربة في إشارة إلى امتصاصه شيء من الهواء. وعند امتصاص خمس الهواء المستخدم في التجربة. توقف التفاعل. ثم اكتشف أنطوان لافوازييه أن الهواء المتبقي الذي لم يتم استخدامه في التجربة لا يساعد على الاحتراق أو الحياة. وأطلق عليه اسم آزوت ويعني في اللغة اليونانية "لا حياة". وهو ما أطلق عليه دانيال رذرفورد الغاز الذي يحتوي على مادة اللاهوب (١٧٧٢) ويعرف الآن باسم النيتروجين.

بعد ذلك، قام أنطوان لافوازييه بجمع كل أجزاء الكلس وتسخينها مرة أخرى ولكن تحت درجة حرارة أعلى هذه المرة، فلاحظ تحلل الكلس مخلفًا فقاعات لامعة من الزئبق وتصاعد غاز ما. وتلك هي النتيجة نفسها التي توصل إليها جوزيف بريستلي. كما وجد أن كمية الغاز المتصاعد نفسها تساوي كمية الغاز الذي تم امتصاصه خلال تسخين كلس الزئبق لأول مرة. وقد لاحظ، كغيره من العلماء، أن ذلك الغاز له خواص مميزة منها أنه يساعد على زيادة الاشتعال بشكل أسرع، كما أن استنشاقه يؤدي إلى زيادة شعور الحيوانات مثل الفأر بحيوية ونشاط أكبر. لذلك، أسماه غاز الحياة، بينما أطلق عليه بعض العلماء غاز الاشتعال أو الغاز النقي وتتوافق جميع تلك الأسماء مع خواص ذلك الغاز.

في عام ١٧٧٨، استقر أنطوان لافوازييه على تسميته غاز الأكسجين لاعتقاده بوجود ذلك الغاز في جميع الأحماض حيث يعني الاسم في اللغة اليونانية صانع الأحماض. وقد راودته تلك الفكرة نتيجة ملاحظته أنه عند احتراق كل من الكبريت والفسفور والكربون في وجود الأكسجين، تتصاعد غازات أو رماد (الأكاسيد) تتحول إلى أحماض عند ذوبانها في الماء. وتعد تلك الفكرة مقبولة ظاهريًا إلا أنها غير صحيحة. ذلك، لأنه كما تبين بعد ذلك، أنه ليس كل الأحماض تحتوي على غاز الأكسجين، كما أنه ليس جميع الأكاسيد حمضية. وعلى الرغم من ذلك، ظل الاسم مستخدمًا حتى الآن.

على الرغم من أن أنطوان لافوازييه هو الذي أطلق عليه هذا الاسم، فإنه لم يكن أول الأشخاص الذين حاولوا اكتشاف غاز الأكسجين. فقد سبقه إلى ذلك كل من بريستلي وكارل شايلي. ويعد كارل شايلي أول من اكتشف وجود غاز الأكسجين عام ١٧٧٧، لكنه لم يكن



ول من أعلن عن اكتشافه. كما هناك اثنان آخران كانا على علم بوجود مثل ذلك الغاز في الهواء، وهما: جون مايو (١٦٧٤) وستيفن هيلز (١٧٢٧).

أما السبب في تكون الكلس وعملية الاحتراق بشكل عام لا يعود إلى انطلاق مادة اللاهوب كما كانوا يظنوا من قبل؛ بل إلى حدوث تفاعل كيميائي مع الأكسجين الموجود بالهواء. لكن، كان أصحاب نظرية العنصر الملتهب على صواب إلى حد ما في أن عمليات الاحتراق والتكليس والتفاعلات الأخرى تشتمل على انطلاق عنصر ما واتحاده مع عنصر آخر. لكنهم أخطئوا في تحديد ذلك العنصر فقط. وبذلك، فإنه في حالة استبدال غياب مادة اللاهوب بوجود غاز الأكسجين، يمكن أن نفهم العلاقة جيدًا؛ وهي أن السبب في احتراق المواد يرجع إلى احتوائها على غاز الأكسجين وليس إلى غياب مادة اللاهوب. وبالتالي، لا يمكن أن يحدث الاحتراق في وجود غاز النيتروجين فقط، لعدم وجود الأكسجين الذي يساعد على الاشتعال وليس لأنه مشبع بمادة اللاهوب. وبذلك، أشار أنطوان لافوازييه إلى عدم أهمية نظرية العنصر الملتهب. والأكثر من ذلك أنه استطاع جمع غاز الأكسجين في إناء مما يدل على وجوده، بعكس مادة اللاهوب الوهمية التي لم يستطع أحد جمعها من قبل.

على الرغم من أن أنطوان لافوازييه توصل إلى حجة قوية في اكتشافه السابق، فإنه لم يحصل على التأييد الفوري من قِبل جميع العلماء. فعلى سبيل المثال، ظل بعض العلماء المؤيدين لنظرية العنصر الملتهب مثل جوزيف بريستلي وهنري كافندش متمسكين بآرائهما. على أية حال، انتهت نظرية العنصر الملتهب تمامًا بوفاة هذين العالمين. ← ١٧٨٥

إسهامات أبراهام فيرنر في دراسة الصخور

١٧٧٥

في نهاية القرن الثامن عشر، أجهد العلماء قضيتان مهمتان في العلم الذي عرف فيما بعد باسم علم الجيولوجيا. أولهما كانت تتعلق بكيفية تكون سطح الأرض (١٧٧٨). بينما كانت الأخرى تتعلق بكيفية تكون الصخور. وقد شاع قبول العلماء والعامة على حدٍ سواء للقصة التي ذكرت في الكتاب المقدس حول حدوث فيضان عظيم غطى كوكب الأرض بأكمله. حيث وجدوا أن ذلك يعد تفسيرًا محتملاً للشكل الحالي للأرض ولوجود الصخور. وقد كان أبراهام فيرنر أحد مؤيدي تلك

الفكرة بشدة. كما قدم نظرية تعرف باسم Neptunism أي ترسب الصخور من الماء. وقد كان ذلك الاسم نسبةً إلى إله المحيطات الأعظم عند قدماء الإغريق.

عندما بلغ أبراهام فيرنر الخامسة والعشرين من عمره - وذلك عام ١٧٧٥ - أصبح مدرسًا بأكاديمية التعدين بفريبرج. ومن خلال المجهودات العظيمة التي قام بها، أصبحت تلك المدرسة من أفضل المدارس في ألمانيا. كما اشتهر أبراهام فيرنر بدراساته المنهجية عن الصخور والمعادن. وربما يكون من أبرز الباحثين في ذلك المجال في عصره. وتعد فكرته عن تكون طبقات الصخور واحدة تلو الأخرى بشكل متتالٍ من الأفكار المهمة التي استفاد بها علماء الجيولوجيا فيما بعد، وذلك على الرغم من تفكير كل من دافنشي (١٥١٧) وستينو (١٦٦٧) في ذلك الأمر من قبل.

قد اعتقد أبراهام فيرنر ورفاقه بوجود محيط متصدع بدائي يغطي الكرة الأرضية بأكملها. ومن خلاله تكونت طبقات الصخور المختلفة واحدة تلو الأخرى. ووفقًا لهذه النظرية. ترسبت الصخور البلورية مثل الجرانيت في القاع عندما كان الماء عميقًا؛ وتحتوي تلك الصخور على عدد كبير من البلورات المرئية للمعادن المختلفة. وعادة ما توجد تلك الصخور في القاع، وبالتالي، فإنه لا بد أنها تكونت في البداية. وعندما انحسر الماء بعد ذلك. تكونت الصخور الرسوبية مثل الطفل والحجر الرملي، أما الرصيص والحجر الجيري فقد تكونا جميعًا من ترسب الطمي والرمال وأجزاء الصخور والقواقع الصغيرة.

على الرغم من أن أبراهام فيرنر وأتباعه من مؤيدي نظرية ترسب الصخور من الماء قد أصابوا في بعض النقاط، فإنهم أخطئوا في البعض الآخر منها. فقد تأكدت نظرية الصخور الرسوبية التي وضعوها وأثبت صحتها بعض العلماء. لكن، ظهرت مدرسة فكرية أخرى منافسة يطلق عليها اسم plutonism وتعني الصخور المتكونة من الحمم المنصهرة (وقد سميت بهذا الاسم نسبةً إلى إله العالم السفلي عند قدماء الإغريق). ويقود تلك المدرسة العالم الاسكتلندي جيمس هاتون (١٧٧٨) الذي ذكر أن الصخور البلورية وغيرها من الصخور مثل البازلت كانت عبارة عن حمم منصهرة في البداية تحولت إلى مواد صلبة بالبرودة. وقد كان علماء نظرية الصخور المتكونة من الحمم المنصهرة على صواب في تلك النقطة، حيث ثبتت صحة ذلك الأمر.

مساهمات كارل شايلي في اكتشاف الغازات

١٧٧٧

يعد العالم السويدي كارل شايلي نموذجًا واضحًا للعلماء الذين لم يلقوا التقدير المناسب علميًا، نظرًا لعدم قيامه بنشر اكتشافاته بالسرعة المناسبة. ذلك، لأن المذكرات التي تحتوي على تجاربه المعملية تشير بوضوح إلى كشفه غاز الأكسجين قبل العالم الإنجليزي جوزيف بريستلي (١٧٧٤) بعدة سنوات والذي ينسب إليه عادةً اكتشاف الأكسجين. وقد اتبع كارل شايلي الأسلوب نفسه الذي اتبعه جوزيف بريستلي بعده؛ والذي يعتمد فيه على تسخين بعض المركبات مثل الكلس الأحمر الزئبق للحصول على كمية كبيرة من غاز الأكسجين. لكن، نظرًا لإهماله وتجاهله لنشر اكتشافاته، فإنه لم تظهر تلك الاكتشافات إلى العالم سوى عام ١٧٧٧. كما أدى تأخير النشر في نسبة اكتشاف غاز النيتروجين إلى العالم الاسكتلندي دانيال رذرفورد (١٧٧٢).

يعد كارل شايلي واحدًا من العلماء النشطين الذين قاموا بالعديد من الاكتشافات. فبالإضافة إلى اكتشافه للأكسجين والنيتروجين، فقد اكتشف عنصر الكلور (١٧٧٤) والموليبدنوم. كما ساعد الكيميائيين السويديين في اكتشاف عناصر عديدة، منها: الكوبلت والتنجستن والنيكل والمنجنيز وغيرها. كما اخترع أنبوب النفخ وهو أداة مفيدة تعمل على توصيل تيار الهواء إلى اللهب المسلط على قطعة المعدن لتزيد من حرارته. وقد أشار لون اللهب والأبخرة المتصاعدة في أثناء عملية التسخين والبقايا المترسبة بعدها إلى أنه هناك عناصر موجودة بالعينة لم تكتشف بعد.

أطلق كارل شايلي الأسماء على العديد من الأحماض الجديدة وفقًا لارتباطها ببعض الكائنات الحية مثل حمض الخليك الذي نحصل عليه من الخل وحمض الليمون من الليمون وحمض التفاح من التفاح وحمضي اللكتيك واليوريك من الحيوانات. كما اكتشف بعض الغازات كريهة الرائحة مثل سيانيد الهيدروجين السام وكبريتيد الهيدروجين (الذي يشبه رائحة البيض الفاسد). وقد أجرى كارل شايلي اختبار الطعم والرائحة لتلك الغازات التي اكتشفها. ومن الممكن أن يكون ذلك أحد الأسباب التي أدت إلى وفاته في الرابعة والأربعين من عمره كما حدث للعالم الإنجليزي همفري دايفي بعد ذلك بعدة عقود (١٨٠٢).

إسهامات جوزيف بانكس في علم النبات

١٧٧٨

أصبح مالك العقارات الثري وعالم الطبيعة المتحمس جوزيف بانكس رئيسًا للجمعية الملكية بلندن عام ١٧٧٨. ويعد ذلك أحد المناصب المرموقة وقد استمر فيه لمدة ٤٢ عامًا حتى وفاته. وقد كان جوزيف بانكس رجلاً ذا صفات استثنائية يجمع بين الحماس الشديد في مجال البحث العلمي والمهارة في شئون التجارة والعلاقات العامة.

من الجدير بالذكر أن جوزيف بانكس قد لفت الانتباه إليه لأول مرة عندما كان في العشرينيات من عمره حيث عمل كرئيس لعلماء الطبيعة على متن السفينة HMS Endeavour التي كان يقودها الرحالة جيمس كوك (١٧٦٩). كما أرسلته الأميرالية البحرية إلى تاهيتي لرصد كوكب الزهرة عند مروره أمام الشمس. وفي ذلك الوقت، تم تحديد ثلاثة مواقع لعملية الرصد تحسبًا لحجب السحب للرؤية في أحدها. وقد كان جوزيف بانكس يقف في أحد تلك المواقع الثلاثة.

من ذلك الموقع، استطاعت البعثة اكتشاف واستكشاف الساحل الشرقي لينوساوث ويلز. وقد أحضر جوزيف بانكس ومساعده دانيال سولاندر - الذي كان يدرس مع العالم كارل لينين (١٧٥٣) - أول عينة من الحيوانات والنباتات التي كانت تعيش في القارة الجديدة عند عودتهما إلى الوطن. وبعد تصنيف تلك العينات، وجد أنه تم نقل ١١٠ أجناس جديدة و١٣٠٠ نوع جديد من النباتات فقط. ولذلك، تم تخليد اسمه كمكتشف نباتات البنقسية الأسترالية.

استمر بانكس في التعاون مع سولاندر وبعض العلماء الآخرين الذين قاموا بجمع النباتات من جميع أنحاء العالم طوال حياته، وبشكل خاص عندما تولى منصب رئيس الحدائق النباتية في كيو غرب لندن والتي كانت لا تزال خاضعة للأسرة المالكة. وقد ازدهرت تلك البساتين في تلك الفترة بشكل كبير؛ حيث ازداد عدد الأنواع التي تتم زراعتها إلى ٢٠ ضعفًا، وقد كانت تأتي من جميع أنحاء العالم بأوامر من بانكس الذي كان يطلب من البعثات والدبلوماسيين وضباط البحرية والتجار جلبها. وبذلك، اتسعت دائرة الأشخاص الذين كانوا يعملون معه.

هذا، وقد اشترك بانكس في العديد من الأشياء كاختيار خليج بوتني بأستراليا كمكان للعقاب، وإرسال سفينة HMS Bounty بقيادة وليم بلي إلى تاهيتي للحصول على ثمار شجرة الخبز لإطعام العبيد في جزر الهند الغربية. كما شارك جوزيف بانكس في دعم وليم سميث ماديًا ومعنويًا. بالإضافة إلى ذلك، شارك في رسم أول خريطة جيولوجية في التاريخ (١٧٩٩)، كما ساهم عام ١٧٩٩ في تأسيس الجمعية الملكية تحت قيادة بنيامين طومسون.

لم تكن لدى جوزيف بانكس أي ميول سياسية مثل معاصريه كأعضاء الجمعية القمرية بيرمنجهام (١٧٦٥). ولكن، كانت لديه القدرة على الاحتفاظ بعلاقات جيدة مع كل من الملك والعالم بنيامين فرانكلين خلال الثورة الأمريكية. وقد أصبح فيما بعد حلقة الوصل بين العلماء الفرنسيين والإنجليز في أثناء الحرب بين البلدين. وبذلك، ترك جوزيف بانكس بصمته على العلم والاكتشافات العلمية في ذلك العصر.

إسهامات جان ديلوك وجيمس هاتون في كيفية نشأة الأرض

١٧٧٨

تخيل العديد من العلماء في القرن الثامن عشر عند تأملهم لسطح الأرض؛ بما فيه من جبال ضخمة وسهول وأودية عميقة وسهول شاسعة أن الحياة على كوكب الأرض قد نشأت نتيجة حدوث سلسلة من الكوارث. ومن أبرز هؤلاء العلماء جان ديلوك السويسري الذي اعتاد التجول بين جبال الألب منذ صغره حتى أصبح خبيرًا بتاريخها الطبيعي. والجدير بالذكر أن جان ديلوك قد قام بصنع أجهزة بارومتر قوية يمكنه حملها لقياس ارتفاع قمم تلك الجبال وفقًا لنقص الضغط الجوي. كما اكتشف أن كثافة الماء تبلغ أقصى حد لها عند درجة حرارة ٤° مئوية ولذلك، يطفو الثلج على السطح عند هذه الدرجة.

قدم جان ديلوك إلى لندن مع أسرته عام ١٧٧٣ بعد فشل أعمال أسرته التجارية في سويسرا. وخلال الـ ٤٤ عامًا التي عاشها مرفهًا، كان قارئًا للملكة تشارلوت، كما تم انتخابه كعضو في الجمعية الملكية. وقد قادته رحلاته العديدة لدراسة الصخور إلى تأييد نظرية تكون سطح الأرض بسبب التغير المفاجئ والعنيف للقشرة الخارجية للأرض بفعل بعض الكوارث. ويُعزى ذلك إلى مشاهدته العديد من الأدلة التي توحي أن الأرض قد دُمرت

من جراء الفيضانات والزلازل والبراكين العنيفة. وقد ذُكر في الكتاب المقدس أن الحياة ستظل مستمرة على سطح الأرض مدة ٦٠٠٠ عام فقط. وبذلك، فإنه ليس هناك وقت لتكون شيء آخر. ونظرًا لشرح جان ديلوك تلك النظرية بطريقة جيدة في أحد كتبه عام ١٧٧٨. فإنه قد امتد تأثيرها حتى القرن التاسع عشر عن طريق جورج كوفييه بفرنسا والذي كان مؤيدًا للعالم جان ديلوك.

أما العالم الاسكتلندي جيمس هاتون فقد تبنى وجهة نظر مختلفة إلى حد ما وأطلق عليها اسم نظرية التماثل؛ وتدعم تلك النظرية فكرة التغير التدريجي للأرض. وبالنسبة له. يكمن جوهر تلك النظرية في أن العملية التي تكونت خلالها الصخور وسطح الأرض تتميز بسمتين هما؛ أولاً: أن تلك العملية قد تمت ببطء شديد. ثانيًا: أنها تشبه تمامًا تلك التغيرات المستمرة في الحدوث حتى الآن. وانطلاقًا من ذلك، استنتج جيمس هاتون أن الأرض بالغة القدم، ومن الممكن أن تكون قديمة قدم الأزل، ولكن من المؤكد أنها أقدم من العمر الذي ذكر في الكتاب المقدس؛ حيث لا يعد ذلك الوقت كافيًا لحدوث تلك التغيرات الهائلة، مثل: بلوغ الجبال إلى تلك الارتفاعات الشاهقة وانخفاض السهول إلى ذلك المستوى. إذ لا بد أن يكون ذلك قد حدث تدريجيًا.

كان جيمس هاتون مختلفًا تمامًا عن جان ديلوك. حيث كان مهتمًا في صغر سنه بعلم الكيمياء الذي قاده إلى دراسة الطب. وعلى الرغم من ذلك، فإنه لم يزاول مهنة الطب على الإطلاق. وقد درس جيمس هاتون القانون. كما توصل إلى طريقة للحصول على ملح النشادر (كلوريد الأمونيوم) الذي يعد واحدًا من أهم المركبات الصناعية. على أية حال، وفر له ذلك الاكتشاف دخلاً ثابتًا. ولكنه بعد ذلك، اضطر للعمل بالزراعة والمزارع خارج إدنبره. وكان يجد سعادة بالغة في تلك الحياة الريفية والوقت الذي تمنحه إياه لتطوير أفكاره وتوسيع مداركه. وبعد ذلك، عاد مرةً ثانية إلى إدنبره في منزل مكتظ بالحفريات والأجهزة الكيميائية وكون صداقات مع كل من جيمس وات وجوزيف بلاك.

نظرًا لبصيرته النافذة، فقد نشر جيمس هاتون بعض كتبه مثل كتابه The Theory of the Earth عن نظرية نشأة الأرض عام ١٧٨٥. لكن كانت تلك الكتب مثقلة بالأفكار التي يكتنفها بعض الغموض الذي لا يستطيع استيعابه سوى القليل؛ وذلك على الرغم من سهولة إدراك تلك الأفكار

عندما يقوم بشرحها بنفسه. ولحسن الحظ، قام بعض من تلاميذه، مثل: جون بليفير بتوصيل تلك الأفكار وشرحها بشكل جيد؛ حيث قام بنشر كتاب Illustrations of the Huttonian Theory of the Earth لتوضيح نظريات جيمس هاتون عن الأرض. ومن بين تلاميذه أيضًا تشارلز ليل (١٨٢٩) الذي كان لكتاباته في الثلاثينيات من القرن التاسع عشر تأثير كبير على العالم الشاب تشارلز داروين.

عند العودة إلى نظريات كل من جيمس هاتون وجان ديلوك نجد أن كلاً منهما قدم العديد من الاقتراحات. وقد أخطئا في بعض تلك الاقتراحات وكانا محقين في البعض الآخر. فعلى سبيل المثال، ندرك أن معظم سطح الأرض قد تَكوّن نتيجة التغيرات التدريجية التي حدثت ببطء شديد على مدار فترات التاريخ الطويلة (وتعد تلك هي النظرية السائدة في القرن التاسع عشر). ومع ذلك، كانت نظرية التغير العنيف والمفاجئ بفعل بعض الكوارث العنيفة، مثل: البراكين القوية أو الاصطدام بالنجوم ذات تأثير؛ وإن لم يكن كبيرًا (١٩٨٠). وينطبق ذلك على نظريات تكون الصخور التي اهتم هاتون بدراستها (فيرنر ١٧٧٥). فقد ثبت أن الصخور تتكون عند ترسبها في الماء كما في حالة الصخور الرسوبية ومن الحمم المنصهرة التي تكتسب الصلابة عند برودتها مثل الصخور النارية.

إسهامات يان انجينهوش في إثبات دور النباتات في تنقية الهواء

١٧٧٩

هناك العديد من الأسباب لتقدير الطبيب الهولندي يان انجينهوش منها اكتشافه اللقاح المضاد للجدري عام ١٧٩٦. وعندما دعاه أحد أصدقاء العائلة الذي كان يرأس الجمعية الملكية وطبيب الملك جورج الثالث، قدم يان انجينهوش إلى لندن عام ١٧٦٥ وأصبحت لديه حياة عملية ناجحة، كما التقى بالعديد من العلماء البارزين؛ مثل: جوزيف بريستلي.

هذا، وقد أرسل الملك يان انجينهوش إلى فيينا لتطعيم أسرة الإمبراطورة النمساوية ماري تيراسا (التي كانت تنتمي إليها ماري أنطوانيت). وهناك أصبح يان انجينهوش طبيب القصر الملكي؛ وبذلك أصبح لديه الوقت الكافي والمال اللازم لإجراء تجاربه وأبحاثه. ثم عاد بعد ذلك إلى لندن عام ١٧٧٩ ونشر كتابه Experiments upon Vegetables الذي يشتمل

على تجاربه على الخضراوات التي أكتشف أهميتها البالغة في تنقية الهواء عند وجود ضو
الشمس وفساد ذلك في وجود الظل أو في أثناء الليل. وقد لخص عنوان هذا الكتاب تلك
الاكتشافات التي توصل إليها خلال عقد من الأبحاث في فيينا.

كان جوزيف بريستلي (١٧٧١) قد توصل إلى أن النباتات الخضراء تساعد على إعادة
تنقية الهواء غير المناسب للتنفس وغير القادر على الحفاظ على استمرار احتراق الأشياء. كما
كان من المعروف أن جميع النباتات تحتاج إلى الضوء كي تعيش وتنمو ولذلك، تذبل وتموت
عند تركها لمدة طويلة في الظلام. والسؤال هو: هل يحتاج النبات للضوء كي يعمل على
تنقية الهواء؟ أجاب يان انجينهوش عن ذلك السؤال بالإثبات، إذ يحتاج النبات بالفعل
إلى الضوء كي يقوم بتنقية الهواء. كما اكتشف أن النباتات التي تترك في الظلام لا تفقد فقط
قدرتها على تنقية الهواء الناتج عن اشتعال الشمعة أو تنفس الفأر، بل إن النبات نفسه
يتنفس ذلك الهواء العادي مثلما يفعل الحيوان.

علاوةً على ذلك، لاحظ يان انجينهوش أيضًا أنه عند وضع جذور النبات وأوراقه في الماء
تتكون فقاعات صغيرة على الأجزاء الخضراء من الجذر والأوراق في وجود الضوء فقط. ولكن
تختفي تلك الفقاعات في الظلام بعد أن تتقلص تدريجيًا. وبذلك، استنتج يان انجينهوش أن
النبات لديه القدرة على أن يطلق غازًا – من الممكن تسميته الغاز النقي – في الضوء ولكنه لا
يتمكن من إطلاق ذلك الغاز في الظلام. وبعد فترة زمنية معينة، تم جمع كمية من الغاز
وإخضاعها لاختبار. وقد أسفرت النتيجة عن أن ذلك الغاز يساعد في احتراق شظية من الخشب
المشتعل في وجود اللهب. وبالتالي، استدل على أن الغاز الناتج هو ما أطلق عليه جوزيف
بريستلي من قبل اسم غاز الاشتعال عام ١٧٧٤ والذي سمي بعد ذلك بغاز الأكسجين عام ١٧٧٨
(١٧٧٥). ومن المعروف الآن أن الأكسجين ضروري لعملية التنفس والاحتراق. كما أن النباتات
هي التي تطلق ذلك الغاز عند تنفسها.

استغرق الأمر ما يقرب من ٢٠٠ عام من البحث لتوضيح تلك العملية واكتشاف الأصباغ
الخضراء التي توجد بالنباتات – والتي يطلق عليها اسم الكلوروفيل (١٨١٨) – والتي
تتسبب في تصاعد غاز الأكسجين.

إسهامات هوراس دي ساسور في دراسة طبيعة جبال الألب

١٧٧٩

كان هوراس دي ساسور يشغل منصبًا يتلاءم مع حبه للعلم وللتنزه في الهواء الطلق؛ حيث كان يعمل مدرسًا لمادة الفلسفة بجامعة جنيف لمدة ٢٥ عامًا. وبذلك، كان يعيش بالقرب من جبال الألب. ومثل نظيره السويسري جوزيف ديلوك (١٧٧٨)، قام هوراس دي ساسور بدراسة تلك الجبال بشكل مكثف كي يكتشف الصخور والنباتات التي توجد بها، ثم يقوم برسم الخرائط وتدوين ملاحظاته عن الطقس. وفي عام ١٧٧٩، قام بنشر أولى مجلاته العلمية بعنوان Voyages in the Alps. ويعد هوراس دي ساسور أحد متسلقي الجبال الماهرين وثالث شخص يستطيع الوصول إلى قمة مونت بلانك وهي أعلى قمة في جبال الألب.

أما أعظم الإنجازات التي قام بها، فتتمثل في إسهاماته في علم الجيولوجيا (وربما كان هوراس دي ساسور أول من استخدم هذا المصطلح). وقد رأى هوراس دي ساسور أن دراسة جبال الألب هي المفتاح الرئيسي للتعرف على تاريخ الأرض بأكمله. وقد أصبح هوراس دي ساسور خبيرًا في الصخور وتركيبها بعد ذلك الأمر الذي جعله مؤيدًا لنظرية ترسب الصخور من الماء التي تفترض تكون جميع الصخور تحت سطح الماء (١٧٧٥) وتتناقض مع نظرية تكون الصخور من الحمم المنصهرة.

نظرًا لحبه الشديد للتنزه في الهواء الطلق، تولد لدى هوراس دي ساسور اهتمام شديد بالطقس وتسجيل درجات الحرارة والضغط والعديد من العوامل الجوية الأخرى في المرتفعات. لذلك، قام هوراس دي ساسور باختراع الهيجرومتر الشعري لقياس درجة الرطوبة في الجو. وتعتمد فكرة ذلك الهيجرومتر الشعري على استخدام خصلات من شعر الإنسان التي تنكمش أو تتمدد وفقًا لدرجة الرطوبة أو الجفاف الموجودة بالجو. كما كان لديه العديد من الأجهزة الأخرى التي اخترعها بنفسه لقياس جميع العوامل البيئية الأخرى، مثل: قياس مدى زرقة السماء وقياس درجة الحرارة في أعماق التربة. وقد وجد أن درجات الحرارة على عمق ١٠ أمتار تحت سطح الأرض تساوي درجة الحرارة فوق السطح بعد ٦ أشهر. كما اكتشف أن درجة الحرارة في أعماق البحيرات لا تتغير على الإطلاق.

اكتشاف وليم هيرشل لكوكب أورانوس

١٧٨١

لم يكن معروفًا حتى القرن الثامن عشر سوى خمسة كواكب (خلاف كوكب الأرض) هي عطارد والزهرة والمريخ والمشترى وزحل، بالإضافة إلى الشمس والقمر؛ مما يجعل عدد الأجرام السماوية سبعة. ولم يكن من المتوقع زيادة عدد الكواكب عن ذلك للاعتقاد بقوة في ذلك العدد. لكن، ذلك الاعتقاد لم يمنع وليم هيرشل، الذي ولد في ألمانيا وعاش في إنجلترا، من اكتشاف كوكب جديد عام ١٧٨١. وقد اكتشفه عن طريق استخدامه لواحد من أفضل التليسكوبات في عصره، والذي كان يوجد بمرصده بمدينة باث غرب إنجلترا؛ حيث رأى جسمًا خافت الضوء يتحرك ببطء شديد في الفضاء من المساء إلى مساء اليوم التالي وفي اتجاه معاكس لجميع النجوم الأخرى. وبذلك، استنتج أنه لا يمكن أن يكون نجمًا على الإطلاق.

أطلق وليم هيرشل على ذلك الكوكب اسم الملك جورج تكريمًا له، كما فعل ذلك جاليليو من قبل الذي أطلق على أقمار المشترى اسم الملكة ماديسيس عند اكتشافه لها عام ١٦١٠. ولكن فيما بعد أطلق عليه اسم أورانوس وهو الاسم المستخدم حتى الآن. وتنص الأساطير الرومانية القديمة على أن أورانوس كان أبًا لكوكب زحل، وزحل أبًا لكوكب المشترى.

هذا، وقد أثبتت الحسابات أن الكوكب الجديد يستغرق حوالي ثلاثة أضعاف المدة التي يستغرقها زحل - أبعد الكواكب عن الشمس - للدوران حول الشمس. ووفقًا لذلك، فإن المسافة بين أورانوس والشمس تساوي ضعف المسافة بين الشمس وزحل وفقًا لقوانين كبلر (١٦٠٩). وبهذا الاكتشاف، أصبح حجم النظام الشمسي ضعف ما كان يُعتقد في البداية. ولكن، استمر الجدل دائرًا حول ما إذا كان ذلك الاكتشاف مذنبًا أو كوكبًا. ولكن تم حسم هذا الجدل عندما لوحظ أنه يدور في فلك دائري وليس مطولاً.

كرس وليم هيرشل معظم وقته قبل ذلك للموسيقى حيث عمل كعازف للأرغن وملحن حتى جاء علم الفلك ليشغله. وبعد ذلك، تم تعيينه عالم الفلك الخاص بالملك. وقد استمر في دراسة الفضاء لمدة ٤٠ عامًا في مدينة سلو غربي لندن. وهناك قام ببناء أكبر تليسكوب في ذلك الوقت (١٧٨٩). وبالمثل، كانت أخته كارولاين موهوبة في الموسيقى والفلك. وقد عملت كمساعدة لأخيها في كلا المجالين لمدة عدة أعوام. كما قامت بالعديد من الاكتشافات

الخاصة بها والتي تضم عددًا من المذنبات الجديدة. وبذلك، تكون أول سيدة يبرز اسمها في تاريخ العلم على مدار التاريخ. ← ١٧٨٩

رصد حالة الطقس

١٧٨٣

مع اضمحلال حركة التنوير، أصبحت الظواهر الطبيعية مثل الطقس أقل غموضًا ولا تسبب الخوف أو القلق كما كان في الماضي. في القرن السابع عشر، كان أدموند هالي (١٦٧٦) قد أشار إلى وجود صلة وثيقة بين التغير في الضغط الجوي (الذي يتم قياسه بواسطة البارومتر) والتغيرات الهائلة في الطقس. ووجد أن احتمال حدوث العواصف يزداد عند انخفاض الضغط الجوي. وأنه عندما ترتفع مؤشرات البارومتر، فإن ذلك يعني إمكانية التحسن في الأحوال الجوية. وعند طرح تلك الأفكار، أدرك العلماء أنه من الممكن دراسة أحوال الطقس وتفسيرها كما أنه من الممكن التنبؤ بها.

هذا، وقد تعززت تلك الفكرة بواسطة نظرية العالم الأمريكي بنيامين فرانكلين (١٧٥١). فمن خلال متابعته للتقارير اليومية عن أحوال الطقس في الصحف، لاحظ ميل العواصف الكبرى للتحرك من الغرب إلى الشرق، على الأقل في المرتفعات الأوروبية والمستعمرات الأمريكية. وبذلك، إذا تم تحديد مركز العاصفة في وقت ما (بواسطة قياس مدى الانخفاض في الضغط الجوي)، فمن الممكن ربما توقع المكان الذي ستتجه إليه العاصفة بعد يوم أو يومين. وبالتالي، من الممكن إصدار تنبيه للسكان بهبوب العواصف في تلك المنطقة.

لكن، يجب في البداية إلقاء نظرة عامة على حالة الطقس من خلال جمع الملاحظات التي يتم رصدها في مناطق متعددة. وعلى مدار القرنين السابع عشر والثامن عشر، قامت العديد من الهيئات العلمية الخاصة والحكام المحليين بإنشاء شبكات لرصد أحوال الطقس. على أية حال، لم تستمر تلك الهيئات في تقديم تلك الخدمات لمدة طويلة.

في ثمانينيات القرن الثامن عشر، قامت جمعية الأرصاد الجوية بألمانيا بإنشاء شبكة عمل قوية تمكن الباحثين من الحصول على جميع المعلومات التي تم جمعها. وقد ساعد ذلك في رسم خريطة لرصد أحوال الطقس في جميع أنحاء القارة الأوروبية عام ١٧٨٣. وتعد تلك الخريطة إنجازًا هائلاً ولكنها استغرقت العديد من الأشهر لجمع المعلومات اللازمة ويعني

ذلك أن تلك الخريطة لم تكتمل سوى بعد عدة أشهر أو أعوام من بدء العمل فيها. لكن، لم يتمكن العلماء من توقع الأحول الجوية إلى أن تم اختراع التلغراف الإليكتروني في منتصف القرن التاسع عشر؛ حيث ساعدهم في جمع المعلومات بالسرعة الكافية لتوقع أحوال الطقس. وبحلول الستينيات من القرن التاسع عشر، كان يتم نشر خرائط الطقس التي تحدد المناطق المتعددة التي تحدث فيها تغيرات في الضغط الجوي في الصحف اليومية فرنسيس جولتون (١٨٦٩).

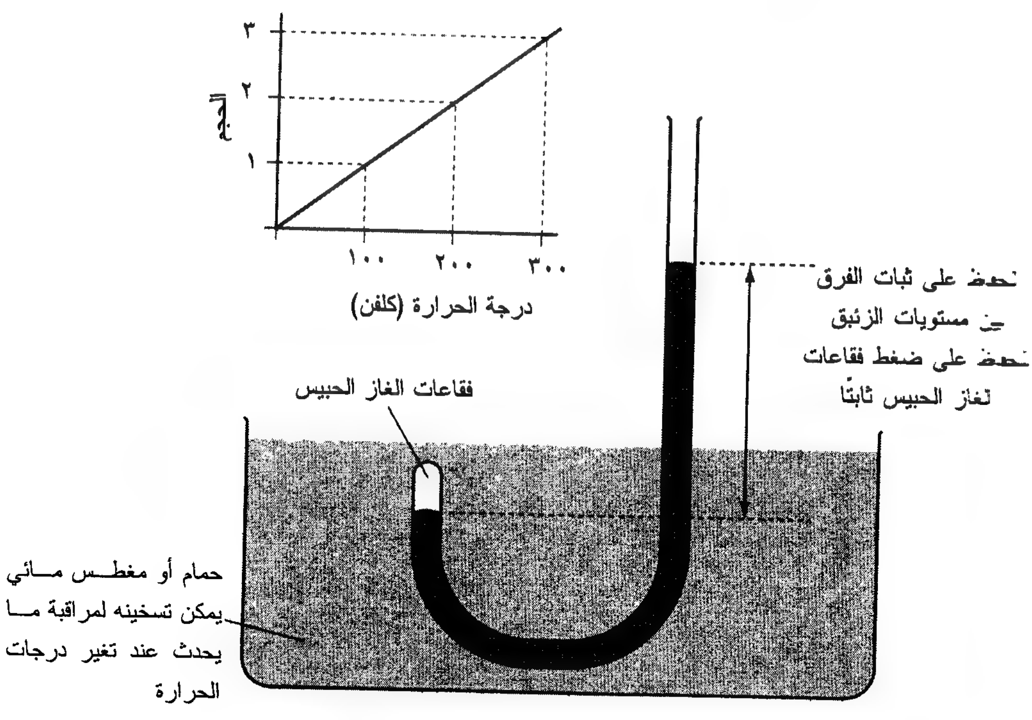
جاك شارل والمنطاد الهوائي

١٧٨٣

اشتهر الطبيب والمخترع الفرنسي جاك شارل بدراسة الغازات والمناطيد. وفي أثناء عمله في مكتب باريس الحكومي، قام السفير الأمريكي بنيامين فرانكلين بزيارة ذلك المكتب. وقد انبهر جاك شارل عند معرفته بالتجارب العلمية التي قام بها بنيامين فرانكلين (١٧٥١)، لذا قرر تعليم نفسه. وخلال عدة أعوام. كان يقوم بإلقاء المحاضرات العامة وبعد ذلك عمل في الأكاديمية الفرنسية للعلوم، وهناك ذاع صيته.

في بداية عام ١٧٨٣، استطاع الأخوان مونجولفييه رفع منطاد مملوء بالهواء الساخن يحمل بعض الحيوانات في الهواء. لذلك، طالبت الأكاديمية الفرنسية جاك شارل بدراسة تلك التجربة كوسيلة جديدة للسفر. وقد كان جاك شارل يعتقد أنه يجب ملء المنطاد ببعض الغازات خفيفة الوزن (مثل الهيدروجين الذي اكتشفه العالم الإنجليزي هنري كافندش عام (١٧٦٦) بدلاً من الهواء الذي يتم تسخينه، وذلك من أجل السفر بشكل أكثر أمانًا.

في أغسطس من العام نفسه، قام جاك شارل بملء أول منطاد بغاز الهيدروجين الذي حصل عليه بصب حمض الكبريتيك على برادة الحديد (الزنك). واستطاع ذلك المنطاد حمل ١٠ كيلو جرامات فقط في أثناء تحليقه فوق أحد الحقول الفرنسية الذي يوجد به برج إيفل الآن. وكان بنيامين فرانكلين من بين المشاهدين لتلك التجربة. وفي نهاية هذا العام، قام شارل وشقيقه وبعض المغامرين الآخرين بالتحليق فوق باريس معلقين في منطاد مليء بالغاز دون عقال تمسك بهم.



باستخدام جهاز مشابه لذلك الجهاز الذي استخدمه روبرت بويل عام ١٦٥٩، لاحظ جاك شارل أنه عند الحفاظ على ضغط فقاعات الغاز الحبيس ثابتًا، يزداد حجم تلك الفقاعات مباشرةً بمجرد ارتفاع درجة الحرارة. وقد أكد العديد من الباحثين صحة ذلك القانون الذي قدمه جاك شارل.

قانون شارل (قانون جي لوساك)

عند الاحتفاظ بكمية محددة من الغاز عند ضغط ثابت، فإن حجم الغاز يتناسب مباشرةً تناسبًا طرديًا مع درجة حرارته المطلقة. وبالتالي، فإنه عند زيادة درجة الحرارة أو انخفاضها بمقدار ١° مئوية، فإن حجمه يزداد أو ينخفض بمقدار ١/٢٧٣ من حجمه الأصلي عند درجة صفر مئوية.

بعد ذلك، أصبح من الواضح أن حجم المنطاد يأخذ في التمدد في أثناء ارتفاعه في وجود الضغط الجوي المنخفض. وذلك ما توقعه بويل في قانونه عام ١٦٥٩. كما لوحظ تمدد حجم المنطاد عند تسخين الغاز أيضًا. وفي عام ١٧٨٧، اكتشف جاك شارل تلك العلاقة التي تربط بين درجة حرارة الغاز وحجم البالون عن طريق استخدامه لأنبوب على شكل حرف J كالذي كان يصنعه بويل ويستخدمه في أثناء دراسته للغازات. أولاً: قام جاك شارل بوضع الأنبوب في حمام مائي كي يتمكن من تغيير درجة حرارة الغاز. ومن خلال المحافظة على ثبات الفرق بين مستويات الزئبق في ذراعي الأنبوب، استطاع تشارل الحفاظ على ضغط فقاعات الغاز الحبيس ثابتًا. وكانت نتيجة تلك التجربة واضحة تمامًا؛ حيث كان حجم فقاعات الغاز يرتفع ويهبط بشكل تدريجي عند تغيير درجة الحرارة. وقد أطلق على هذا القانون، بشكل غير منصف، اسم قانون شارل.

لم يكن جاك شارل الوحيد الذي أعلن توصله لتلك النتيجة؛ حيث أعلن زميله الكيميائي الفرنسي جوزيف جاي لوساك عن اكتشافه لتلك النتائج عام ١٨٠٢. كما أنه لم يكن أول من اكتشف تلك العلاقة. ولكن، يعود شرف اكتشافها إلى الفرنسي جييوم آمونتونز الذي توصل إليها عام ١٧٠٢. ولكن الجهاز الذي استخدمه جاك شارل كان أفضل من تلك الأجهزة التي استخدمها الفرنسي جييوم آمونتونز. هذا، بالإضافة إلى أن قياساته الدقيقة ساعدت من جاء بعده في تحديد درجة الحرارة التي يتقلص عندها حجم الغاز حتى لا يشغل أي حيز من الفراغ. وقد أطلق على درجة الحرارة التي لا يشغل الغاز عندها أي حيز من الفراغ اسم الصفر المطلق (١٨٤٨).

تصورات جون ميشيل حول الثقوب السوداء



على الرغم من قضائه أعوامه الأخيرة في ريف يورك شاير في إنجلترا، فقد ترك جون ميشيل الأقل شهرةً بصمته على العديد من فروع العلم. وقد كان جون ميشيل أستاذًا لعلم الجيولوجيا بجامعة كامبريدج رغم صغر سنه؛ كما تم انتخابه كعضو في الجمعية الملكية.

من بين الاختراعات العديدة التي قدمها جون الميزان الالتوائي الذي يتمكن من قياس شدة القوة صغيرة الحجم باستخدام الخيوط الملتفة. ولكنه لم يستطع الاستفادة من ذلك الاختراع بالدرجة نفسها التي استفاد بها صديقه هنري كافندش الذي استخدمه لقياس القوة بين الشحنات الكهربائية. كما استخدمه هنري كافندش في قياس شدة الجاذبية ...التني. في تحديد وزن الأرض عام ١٧٩٨.

يعد جون ميشيل أول من اقترح أن الزلازل تنشأ نتيجة التحرك والتوتر بين طبقات الصخور الموجودة تحت سطح الأرض عام ١٧٥٥. كما اكتشف وسيلة لقياس درجة توهج النجوم، بالإضافة إلى تطويره العديد من الطرق الفعالة لتصنيع المغناطيس.

من المحتمل أن أعظم الإنجازات التي حققها جون ميشيل تتمثل في تصويره لأول منطقة في جرم سماوي في الفضاء لا يستطيع الضوء اختراقه. ويذكر جون ميشيل أن السبب في حدوث ذلك هو أنه عندما يسقط أي جسم في الفضاء على نجم (لنفترض أن حجمه يبلغ حجم الشمس ٥٠٠ مرة)، فإنه سوف ينتقل عبر الفضاء بسرعة أكبر من سرعة الضوء نفسه (١٧٨٣). وبالتالي، لا يتمكن شعاع الضوء رغم سرعته المذهلة من اختراق ذلك النجم في الوصول إلى الفضاء. ولكن من المحتم أن تقل سرعته ثم يعود مرة ثانية إلى ذلك النجم. وبناءً على ذلك، لا يمكن للضوء اختراق ذلك النجم المظلم. أما أسباب وجود تلك الثقوب السوداء في الفراغ التي بنيت على أسس أفكار نيوتن فهي خاطئة. على أية حال، ثبت وجود تلك الثقوب السوداء في الواقع (١٩١٦).

اكتشاف رينيه يوست هوي للبلورات وخصائصها

١٧٨٤

يروى أن الإنجازات العظيمة التي قدمها رجل الدين الفرنسي رينيه يوست هوي لدراسة البلورات بدأت بحادث. ففي أثناء مشاهدته لمجموعة بلورات لمعادن مختلفة كانت تخص أحد أصدقائه، سقطت إحداها من يده. وعندما حاول إزالة الفوضى التي أحدثها عند كسره لها، لاحظ أنه على الرغم من أن أجزاء البلور المكسور ذات أحجام مختلفة، فإنها تأخذ شكلاً واحدًا تمامًا.

في ذلك الوقت، كان رينيه يوست هوي لديه بعض المعلومات عن علم النبات، كما حضر بعض المحاضرات عن علم التعدين. لذا، بدأ في عمل دراسات مكثفة على العديد من أنواع البلورات ولاحظ العديد من الخواص المميزة لها. أولاً: أنه على الرغم من اختلاف الشكل الخارجي لبلورات المعدن الواحد، فإنها جميعًا تشترك في شكل الهيكل الداخلي لها. ويبدو الوضع كما لو أنه تم ترتيب جزيئات تلك البلورات بطريقة مميزة تختلف من نوع من البلورات لآخر. ولذلك، تنشأ خطوط ضعيفة يتصدع بمحاذاتها المعدن مكونًا أشكالاً منتظمة تصنع زوايا ثابتة بين أضلع القطع المكسورة. وبذلك، أصبح انقسام الصخور إلى صفائح رقيقة إحدى خواص البلور.

يعد ذلك مثالاً على إحدى الحقائق الكيميائية التي لم تثبت صحتها سوى في القرن التاسع عشر. وتكمن تلك الحقيقة في أن خواص المادة لا تعتمد فقط على العناصر أو المركبات التي تدخل في تكوين تلك المادة وإنما على كيفية ترتيب تلك الجزيئات والذرات داخل المادة. وبذلك، يصبح البناء الذري وترتيب الذرات والجزيئات مهمًا مثل المركبات المكونة لتلك المادة. وقد توفرت العديد من الأدلة المؤيدة لذلك عند تطور الكيمياء العضوية (١٨٢٨).

قام رينيه يوست هوي بتدوين أفكاره في كتاب مهم نشره عام ١٧٨٤ عقب انتخابه في الأكاديمية الفرنسية للعلوم بمدة قصيرة. وبناءً على رغبة الشخصيات البارزة في الأكاديمية، قام بإلقاء محاضرات لشرح تلك الأفكار الجديدة وتم اعتباره خبيرًا في علم البلورات بعد ذلك بفترة قصيرة.

كان رينيه يوست هوي قد بدأ حياته كابن لأحد عمال الغزل والنسيج الفقراء، وكان يدين بالفضل في تعليمه إلى رجال الدين الذين أحبوا نبرة صوته. لذلك، قام بالتدريس في الجامعة التي كانت تديرها الكنيسة لمدة ٢٠ عامًا قبل تقاعده للتفرغ للبحث. وقد عانى رينيه يوست هوي والعديد من رجال الدين كثيرًا على يد الثوريين لرفضهم القسم بالولاء لهم. ولكن بعد ذلك، تم تعيينه كمدرس لعلم التعدين قي متحف باريس للتاريخ الطبيعي. على الرغم من موته فقيرًا، فقد ذاع صيته وشهرته حتى أن نابليون أقام له قداسًا بكنيسة نوتردام تكريمًا له، كما أنه من أوائل الشخصيات التي منحت وسام جوقة الشرف.

اكتشاف وليم ويذرينج علاج لمرض الاستسقاء

١٧٨٥

على الرغم من أن جمعية بيرمنجهام كانت تضم العديد من الأشخاص الذين لديهم العديد من الاهتمامات، فقد كان كل منهم بارزًا في مجاله. على سبيل المثال، كان وليم ويذرينج أحد الأطباء الذين ينتمون إلى إدنبره. وقد التحق بالجمعية عام ١٧٧٩ عندما عمل في المستشفى العام ببيرمنجهام. وقد اكتسب شهرته بسبب الاكتشاف الوحيد الذي قدمه في أثناء علاجه لأحد المرضى المصابين بالاستسقاء (وهو عبارة عن قصور في القلب نتيجة لتجمع السوائل في الجسم). تحسنت حالة المريض بشكل ملحوظ بعد تناوله لأحد الأدوية العشبية التقليدية. وبذلك، استنتج وليم ويذرينج أن ذلك الخليط يحتوي على مادة فعالة هي التي أدت إلى تحسن ذلك المريض. وقد اكتشف أن تلك المادة توجد في أوراق أحد النباتات العشبية المعروف باسم نبات القمعية.

تعرف تلك المادة الفعالة الآن باسم ديجيتاليس نسبةً إلى الاسم العلمي للنبات. وتعمل تلك المادة على تقليل وتقوية نبضات القلب التي تؤدي إلى تحسين الدورة الدموية وبالتالي، تعمل على تقليل الاحتقان. وقد أجرى وليم ويذرينج العديد من التجارب على تلك المادة على مدار ١٠ أعوام؛ محاولاً معرفة تأثيرها العلاجي والآثار الجانبية لها. وفي عام ١٧٨٥، نشر تلك النتائج في كتاب يشرح الفوائد الطبية لذلك العشب عنوانه An Account of the Foxglove and Some of its Medical Uses.

مما لا شك فيه، كانت الأعشاب في ذلك الوقت تستخدم كجزء أساسي من العلاج. وبعض من تلك الأعشاب كان يستخدم منذ فترة طويلة، بينما البعض الآخر لم يتم استخدامه سوى مؤخرًا في أوروبا مثل اللحاء الخارق الذي ينمو في أمريكا الجنوبية والذي يعالج مرض الملاريا والذي صنع منه مركب الكينين النقي بعد ذلك. ويعد اكتشاف أنواع جديدة من العلاج من الأمور الأساسية التي أدت إلى دراسة النباتات، على الأقل في عصر كارل لينين (١٧٥٣). وهنا، ربما تكون تلك هي المرة الأولى التي تم فيها التعرف على السبب في فاعلية بعض أنواع العلاج التقليدية وكيفية الحصول على الفائدة القصوى منها.

إثبات أنطوان لافوازييه عدم صحة نظرية العناصر الأربعة

١٧٨٥

شهد عام ١٧٨٥ سقوط نظرية العناصر الأربعة (التراب والهواء والنار والماء) المهيبة. فقد تم القضاء على الاعتقاد أن التراب أحد تلك العناصر بسبب اكتشاف العديد من أنواع الأتربة المختلفة تمامًا في تركيبها. وبالتالي، أصبح من غير الممكن دعم الاعتقاد بأن التراب هو أحد العناصر الجوهرية المكونة للأرض، بل إنه أصبح اعتقادًا أحمق ولا أساس له من الصحة.

كما تم التشكيك في أن الهواء أحد تلك العناصر بعد الدراسات المتفحصة لكل من السويدي كارل شايلي والإنجليزي جوزيف بريستلي والاسكتلنديين دانيال رذرفورد وجوزيف بلاك. قام العالم الفرنسي أنطوان لافوازييه بتلخيص أفكار جميع هؤلاء العلماء والتوسع فيها وإثبات صحتها. وبالتالي، أصبح لدى الذين اعتقدوا في تلك المعلومات (حيث لم يقبل الجميع بها) الشك في أن الهواء عبارة عن خليط من عدة غازات وليس مادة واحدة بسيطة كما كان يعتقد. كما ثبت أن معظم الهواء يتكون من الغاز المميت أو السام الذي لا يشتعل ولا يساعد على الاشتعال؛ والذي يؤدى إلى اختناق الحيوانات عند استنشاقه. بينما يمثل الهواء الحيوي نسبة صغيرة تقدر بحوالي ٢٠ بالمائة من الهواء. ويتميز هذا الغاز بأنه يساعد على الاشتعال، وتستنشقه الحيوانات كي تعيش. أطلق أنطوان لافوازييه على تلك الغازات اسم الآزوت والأكسجين. والآن يعرف الآزوت باسم غاز النيتروجين. بالإضافة إلى ذلك، فقد ثبت أن الهواء يحتوي على نسبة قليلة من الهواء الحبيس (ثاني أكسيد الكربون) والماء في صورة بخار. ومن الممكن فصل جميع تلك المكونات عن بعضها ببساطة. وانطلاقًا من ذلك، فإنه لا يوجد ما يعرف باسم جوهر الهواء.

قد جاء الدور الآن على الماء لإثبات خطأ نظرية العناصر الأربعة. حيث استطاع العالم الإنجليزي هنري كافندش الحصول على الماء بتسخين الغاز القابل للاشتعال (الهيدروجين) الذي اكتشفه لافوازييه مع غاز الأكسجين. وفي عام ١٧٨٥، شرح لافوازييه طبيعة الماء بطريقة مثيرة أمام جمع غفير من الجماهير. حيث قام بغلي الماء ثم بتمرير البخار المتصاعد على الحديد الأحمر الساخن الذي أدى إلى تحلل الماء إلى الغازات المكونة له (الأكسجين والهيدروجين). ثم قام بجمع الأكسجين والهيدروجين في إناء زجاجي كبير اشتعل محدثًا صوت فرقعة. وفي النهاية، عاد الماء إلى الظهور مرةً أخرى.

أما فيما يتعلق بالعنصر الرابع وهو النار، فقد استبدل فيه أنطوان لافوازييه فكرة جوهر النار المتمثلة في نظرية العنصر الملتهب التي كانت تستخدم في تفسير عملية الاحتراق، بنظرية أخرى تشتمل على غاز الأكسجين (١٧٧٥). وعلى الرغم من أنه وفقًا لهذه النتائج، يكون قد تم القضاء على نظرية العناصر الأربعة، فإن أنطوان لافوازييه أصر على وجود ما يسمى بجوهر الحرارة؛ وهو عبارة عن سائل لا وزن له يوجد في الأجسام الساخنة بكميات كبيرة أكثر من الأجسام الباردة. وقد وضع ذلك العنصر الحراري على قمة قائمة العناصر لديه (١٧٨٩). وقد استغرق الأمر نصف قرن من البحث لإثبات عدم صحة تلك الفكرة وذلك على الرغم من الاعتراض عليها في وقت مبكر بواسطة أحد العلماء عام ١٧٩٨. ← ١٧٨٩

قانون كولوم

١٧٨٥

أصبح من المعروف في ذلك الوقت أن الشحنات الكهربائية تتجاذب وتتنافر عن بعضها البعض (١٧٣٣). لكن ما القانون الذي يحكم ذلك التنافر والتجاذب؟ قبل ١٠٠ عام من ذلك الوقت، طُرح هذا السؤال ولكن بالنسبة لقوة الجاذبية. واستطاع العالم إسحاق نيوتن تقديم الإجابة القاطعة لهذا السؤال عام ١٦٨٧.

لاحظ كل من بنيامين فرانكلين وجوزيف بريستلي أنه عند توصيل وعاء فارغ من المعدن بالكهرباء، تخرج جميع الشحنات إلى خارج ذلك الوعاء ولا يحدث أي تأثير داخله. ووفقًا لقوانين نيوتن، فإنه لا توجد قوة جاذبية في الفراغ. وبالتالي، ينطبق ذلك على الشحنات الكهربائية؛ حيث تتبع القانون الذي تتبعه الكتل؛ ألا وهو قانون التربيع العكسي. وبذلك، فإنه عندما تزداد المسافة بين الشحنتين إلى الضعف، تقل قوة التجاذب (أو التنافر) بينهما إلى الربع.

كان العالم الإنجليزي هنري كافندش أول من حاول إثبات ذلك ولكنه تأخر في إعلان نتائجه كالمعتاد. وبالتالي، فقد سبقه في نشر تلك النتائج المهندس العسكري الفرنسي شارل كولوم عام ١٧٨٥. ومنذ ذلك الحين، عرف قانون تجاذب وتنافر الشحنات الكهربائية باسم قانون كولوم.

قانون كولوم

تتناسب قوة التجاذب بين أية شحنتين كهربائيتين تناسبًا طرديًا مع حاصل ضرب حجم الشحنتين. وتتناسب تناسبًا عكسيًا مع مربع المسافة بينهما. ويمكن التعبير عن ذلك القانون من خلال المعادلة التالية:

$$F = \frac{k\, q_1 \times q_2}{d^2}$$

حيث F هي قوة الجاذبية وq_1 وq_2 هما مقدار الشحنات الكهربائية بالكولوم وd هي المسافة بين الشحنتين بالمتر وk عامل ثابت

يتم التحكم في قيمة الثابت k في هذه المعادلة (والثابت المشابه له في قانون القوة بين الأقطاب المغناطيسية) بقيمة القوة في المجالين الكهربائي والمغناطيسي في الفراغ.

تعريف وحدة الكولوم

الكولوم هي وحدة قياس الشحنات الكهربائية؛ أي أن الشحنة الكهربائية التي مقدارها ١ كولوم يحملها تيار كهربائي مقداره ١ أمبير خلال فترة زمنية تساوي ١ ثانية. كما أن ١ كولوم يساوي مقدار الشحنة الكهربائية لـ ٦ × ١٠^٢٣ إليكترون.

لكن، كانت كمية الشحنات التي أمكن جمعها للخضوع للاختبار قليلة جدًا، وبالتالي تكون القوة بينها ضعيفة جدًا. وللوصول إلى القدر المطلوب من الدقة، اخترع كولوم الميزان الالتوائي. وبدلاً من استخدام قوة الجاذبية كما في حالة الميزان العادي، يتم استخدام القوة الموجودة في الأسلاك المعدنية الملتوية. وقد استخدم كافندش الآلة نفسها التي اخترعها صديقه جون ميشيل (١٧٨٣) لقياس قوة الجاذبية بين تلك الشحنات (١٧٩٨). وبالمثل.

تعتمد قوة التجاذب والتنافر على عوامل أخرى غير المسافة بين الشحنات مثل حجم الشحنات الكهربائية. وقد أطلق أتباع كولوم اسمه على وحدة قياس الشحنة الكهربائية.

على الرغم من ارتباط اسمه بالكهرباء والمغناطيسية (حيث اكتشف أن قوة الجاذبية بين مغناطيسين تتناسب عكسيًا مع مربع المسافة بينهما)، كان للعالم المعروف كولوم العديد من الإنجازات والاكتشافات؛ حيث برز اسمه منذ عام ١٧٨٥ في الأكاديمية الفرنسية للعلوم، كما تميز بنشاطه في العديد من المجالات؛ بما في ذلك مجالات خارج نطاق العلم. لكنه، لم يكن له دور فعال في الأحداث السياسية العاصفة التي حدثت في عصره. ولكنه عمل كمفتش عام للتعليم في عهد نابليون. وقد كان له دور فعال في تأسيس مدارس الليسيه الثانوية في جميع أنحاء فرنسا.

إسهامات لويجي جالفاني في مجال الكهرباء الحيوانية

١٧٨٦

بنهاية القرن الثامن عشر، توفرت العديد من الآلات المعقدة التي لديها القدرة على فصل وتجميع كميات كبيرة من الشحنات الكهربائية الساكنة عن طريق الاحتكاك. وقد تم تخزين تلك الشحنات في بعض المعدات كوعاء ليدن (١٧٤٥)؛ حيث يمكنها توليد ومضات وصدمات كهربائية بشكل مثير. ولكنها للأسف، لا تستطيع توليد فيض مستمر أو متواصل من الشحنات الكهربائية.

يعود الفضل في توليد أول تيار كهربائي إلى عالم التشريح الإيطالي لويجي جالفاني على الرغم من عدم إدراكه لاكتشافه لذلك الأمر. حيث كان اهتمامه منصبًا بشكل تام على ما كان يسميه الكهربائية الحيوانية. فقد كان من المعروف أن بعض الحيوانات، مثل: سمك الرعاد والأنقليس تتسبب في حدوث صدمات كهربائية قد تكون حادة في بعض الأحيان وتشبه تلك التي تتولد في وعاء ليدن. وانطلاقًا من ذلك، استنتج لويجي جالفاني أن ذلك يعزى لوجود شحنات كهربائية في أجسام تلك الحيوانات.

بناءً على ذلك، توصل لويجي جالفاني إلى توليد أول تيار كهربائي مستمر؛ ولكن عن طريق الصدفة. ففي أثناء تشريحه لأرجل إحدى الضفادع، لاحظ سريان رعشة في أرجلها عند تشغيل آلة كهربائية في الغرفة. لذا، قام بتوجيه شحنات كهربائية على الأنسجة

باستخدام مجس نحاسي، فلاحظ أنها ترتعش بشكل أكبر. لكن، حدثت المفاجأة الكبرى عندما قام بتعليق تلك الضفدعة من الأرجل مستخدمًا أشرطة نحاسية ووضعها على قضيب من الحديد، فلاحظ استمرار تلك الرعشة رغم عدم تشغيل أية آلة كهربائية في الغرفة.

بالفعل، كان لدى لويجي جالفاني تفسير لتلك الظاهرة. على الرغم من موت تلك الضفدعة، فإن عضلاتها لا تزال تحتوي على مادة كهربائية أو قوة حيوية تنطلق عند ملامسة الحديد والنحاس. وبالتالي، فقد حدث إثارة (جلفنة) لتلك الضفدعة بالصدمات الكهربائية. وقد توصل إلى هذا المصطلح "الجلفانية"؛ أي حدوث الصدمات الكهربائية بالتفاعلات الكيميائية، رفيقه ومعاصره أليساندرو فولتا الذي استخدمه بعد ذلك على نطاق واسع. ومن المثير للسخرية أن أليساندرو فولتا نفسه هو الذي تحدى تفسير لويجي جالفاني لتلك الظاهرة وأثبت أن أرجل الضفدعة ليست لها علاقة بحدوث تلك الصدمات الكهربائية (١٨٠٠). وبالصدفة اخترع لويجي جالفاني أول خلية جلفانية وقد استخدم خلالها بعض التفاعلات الكيميائية لتوليد تيار كهربائي مستمر.

على الرغم من عدم وجود تلك القوة الكهربائية الحيوية التي اعتقد بوجودها لويجي جالفاني، فقد ظل اسمه مخلدًا ليس فقط فيما يتعلق بمفهوم الجلفانية، ولكن أيضًا لنسبة الجلفانومتر، وهو جهاز تم تطويره فيما بعد لقياس التيارات الكهربائية الصغيرة، إليه. بالإضافة إلى ذلك، نسبت إليه عملية الجلفنة التي تستخدم لحماية الحديد والصلب من التآكل.

المصطلحات الكيميائية الجديدة

١٧٨٧

على الرغم من بدء استخدام العديد من العلماء، مثل أنطوان لافوازييه وغيره، التفكير المنهجي في علم الكيمياء، ظلت الفوضى تعم المصطلحات المستخدمة. حيث ظل الناس يستخدمون أسماءً خيالية مأخوذة من علم الكيمياء القديمة "الخيمياء" للتعبير عن المركبات الكيميائية، مثل: مصطلحات "زهور الزنك" و"سكر الرصاص" و"زبد الزرنيخ" و"روح الأملاح" و"زيت الزاج". بالإضافة إلى ذلك، فقد ابتكر العديد من الكيميائيين الجدد مصطلحات جديدة خاصة بهم على مدار التاريخ والتي قد تختلف أو تتشابه مع مصطلحات أخرى لعلماء آخرين.

على الرغم من أن أنطوان لافوازييه كان أبرز علماء الكيمياء في عصره، كان مواطنه جيتون دي مورفيو هو الذي أشار إلى الحاجة الملحة لتحسين وتجديد اللغة المستخدمة في علم الكيمياء القديمة. وقد ساعد في ذلك العمل أنطوان لافوازييه والعديد من العلماء، مثل: كلود بيرتوليه لوضع القواعد والمصطلحات الجديدة والتي تم نشرها عام ١٧٨٧ كأسلوب للتسمية في علم الكيمياء. وغالبًا ما كان يدل اسم المركب على المواد التي يحتوي عليها. كما تم استخدام مقاطع زائدة معينة على بعض المركبات وقد كان استخدامها مهمًا للغاية. فعلى سبيل المثال، يشير اسم كبريتيد الهيدروجين إلى أن ذلك المركب يحتوي على الكبريت والهيدروجين فقط، بينما يدل كبريتيت الهيدروجين على أنه يحتوي على الأكسجين بالإضافة إلى الكبريت والهيدروجين.

قد تحتوي الأسماء على بعض الأرقام التي تدل على عدد العناصر الداخلة في تكوين المركب. فعلى سبيل المثال، يحتوي غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) على ذرتين من الأكسجين وذرة واحدة من الكربون، بينما يتألف غاز أول أكسيد الكربون (CO) من ذرة من الأكسجين وذرة من الكربون. وتتميز تلك اللغة الجديدة بالترتيب والمنطق المتبعين فيها وغيرها من الأمور الجيدة. فعلى سبيل المثال، يحتوي أكسيد الزئبق – الذي كان يُعرف قديمًا باسم كلس الزئبق الأحمر – على عدد ذرات من الأكسجين والزئبق يختلف عن الموجود بأكسيد الزئبق أحادي التكافؤ.

لكن استمر استخدام بعض المصطلحات الشائعة. فعلى سبيل المثال، أصبح حمض الكبريتيك يُطلق عادةً على كبريتات الهيدروجين ولكن لم يستخدم اسم زيت الزاج. كما أنه على الرغم من ثبوت أن الماء عبارة عن مركب يحتوي على الهيدروجين والأكسجين، لم يتم تغيير اسمه إلى أكسيد الهيدروجين أو ديهيدريد الأكسجين.



جدول أنطوان لافوازييه للعناصر

١٧٨٩

شهد عام ١٧٨٩ صدور كتاب العالم الفرنسي أنطوان لافوازييه الذي لخص فيه لأول مرة على مستوى العالم المفاهيم الجديدة لعلم الكيمياء، وقد كان عنوان هذا الكتاب: Elementary Treatise on Chemistry. وقد اعتمد فيه على ٣٠ عامًا من التجارب الدقيقة والبحث العلمي. كما أنه كان يضم ٣١ مادة كان يعتبرها عناصر كيميائية. ووفقا لتعريف العالم الكيميائي المتشكك روبرت بويل (١٦٦١)، فإن العناصر هي مواد لا يمكن تحليلها إلى مواد أبسط منها على الإطلاق. ومنذ العصر الذي عاش فيه روبرت بويل، اعتاد العلماء الخضوع لنظرية العنصر الملتهب الخاطئة. لكن، الآن عاد أنطوان لافوازييه لتذكيرهم بأفكار روبرت بويل التي مضى عليها قرن من الزمان.

من المثير للدهشة أن جدول العناصر الذي حدده أنطوان لافوازييه كان يتميز بالدقة الشديدة؛ حيث لم يوجد به خطأ سوى في عنصرين فقط. وهذان العنصران هما الحرارة والضوء؛ حيث كان أنطوان لافوازييه يعتقد أنهما عنصران أساسيان وقد أطلق عليهما اسم السيال الحراري. لكن، ثبت في القرن التاسع عشر (١٧٩٨) أن كليهما أحد أشكال الطاقة. ويتصدر جدول أنطوان لافوازييه ثلاثة غازات تم اكتشافها خلال العشرين عامًا السابقة لصدور الكتاب؛ وهي: الأكسجين والهيدروجين والآزوت (النيتروجين). لكن، لم يضم ذلك الجدول الكلور؛ نتيجة اعتقاده الخاطئ (١٧٧٥) بأن الأحماض التي تحتوي على الأكسجين تتطلب وجود الكلور الذي وجده في حمض الهيدروكلوريك. كما اشتمل هذا الجدول أيضًا على بعض المواد الصلبة، مثل: الكبريت والفسفور والفحم النباتي. ولكن، معظمه يتكون من المعادن حيث ضم ٧ معادن تم التعرف عليها منذ العصور القديمة و١٠ تم اكتشافها حديثًا.

علاوةً على ما سبق، كان جدول لافوازييه يضم أيضًا بعض المواد التي اعتقد لافوازييه أنها عناصر، ولكن خلال العقود القليلة التالية تم تحليها كيميائيًا للتعرف على العناصر الحقيقية التي تدخل في تركيبها. فعلى سبيل المثال، يوجد عنصر الكالسيوم في الجير (أو الطباشير) والماغنسيوم في المغنيسيا والباريوم في الباريت والألومنيوم في الصلصال أو الشب والسليكون في السليكا التي توجد بالرمال. اعتقد أنطوان لافوازييه أن تلك المواد من العناصر

يس فقط لأنه لم يستطع تحليلها بالتسخين أو أي من التفاعلات الكيميائية الأخرى، وإنما يضًا لعدم اكتشافه لأي عنصر يمكن تكونه وتكون لديه خصائص تلك المواد. ويعد ذلك سبب منطقيًا.

من المثير للدهشة أن لافوازييه لم يقم في جدوله هذا بإدراج اثنين من العناصر أو لأكاسيد المعدنية ضئيلة الرائحة أو الطعم، وهما الصودا (الذي ثبت أنه مصدر للصوديوم) والبوتاس (أو البوتاسيوم). قد يكون ذلك، لأنه اعتقد أنهما عبارة عن مواد مركبة. مما لا شك فيه أن هذين العنصرين من العناصر المعروفة وشائعة الاستخدام في صناعة الزجاج والصابون. وقد ضم الجدول العناصر الثلاثة الأخيرة التي أطلق عليها اسم العناصر لأساسية، وهي المورياتيك ويشتق اسمها من حمض المورياتيك؛ بالإضافة إلى الفلوريك والبوريك. وقد ثبت أن تلك المواد ليست عناصر، بل إنها تحتوي على عناصر تدخل في تركيبها وهي الكلور والفلور والبورون.

تزامن إصدار هذا الكتاب مع بداية الثورة الفرنسية. وبعد إصداره بـ ٥ أعوام، كان أنطوان لافوازييه يبلغ من العمر ٥١ عامًا فقط، لكنه كان في أوج نشاطه العلمي وتقديمه للاكتشافات العظيمة. كما كان أنطوان لافوازييه في الأساس من رجال الإصلاح الذين أرادوا تحسين حالة العديد من الأشخاص العاديين مثلما قام بتطوير الكيمياء القديمة. ولكنه، أُعتبر عميلاً للنظام السابق حيث كان أحد الأعضاء الكارهين للنظام السائد الذي يقوم بجمع الضرائب نيابةً عن الملك. ورغبة في الانتقام منه، قام رجال الثورة بإعدامه معلنين أن النظام ليس في حاجة إلى الرجال الحكماء ولكنه في حاجة إلى تطبيق العدالة. ولكن، كان لعالم الرياضيات جوزيف لاجرانج (١٧٧٢) وجهة نظر مختلفة؛ حيث ذكر أن قطع رأس رجل مفكر مثل أنطوان لافوازييه لم يستغرق سوى بضع ثوانٍ؛ تلك الرأس المفكرة التي لن يستطيع العالم صنع مثلها على مدى قرن من الزمان.

اختراع وليم هيرشل لتليسكوبات كبيرة الحجم

١٧٨٩

عندما ولد وليم هيرشل بألمانيا الحديثة عام ١٧٣٨، كانت التليسكوبات تغزو الفضاء منذ ما يقرب من ١٣٠ عامًا. وقد تم تطوير تلك التليسكوبات في أحجامها وقوتها منذ أن تم اختراعها عام ١٦١٠ بواسطة العالم جاليليو الذي قدم أول تليسكوب يحتوي على ٣٠ كاسر للضوء. وبزيادة حجم التليسكوبات، كان

من الممكن ترتيب العدسات بشكل أفضل وبطرق أكثر تقدمًا. وبالتالي، أصبح لدى التليسكوب الكاسر القدرة على تجميع الضوء بشكل أفضل. وقد ساعد ذلك في اكتشاف العديد من الأجرام البعيدة التي كانت تبدو خافتة الضوء بعض الشيء. على أية حال، أمكن رؤية الأجرام القريبة بشكل أوضح والتعرف على المزيد من التفاصيل الدقيقة لتلك الأجرام بعد ذلك. ويعود الفضل في ذلك إلى جون دولند باختراعه للتليسكوب الكاسر للضوء دون تحليله (١٧٥٨). وقد ساعد استخدام تلك التليسكوبات على اختفاء الهالات الملونة التي كانت تحيط بالأشياء عند رصدها. وعادةً ما كان يفضل علماء الفلك التليسكوبات الكاسرة للضوء؛ نظرًا لأنها لا تضيع الكثير من الضوء.

لكن، كان يعيب تلك التليسكوبات الكاسرة للضوء أنها صغيرة الحجم لذا، يتم تدعيم العدسة من أطرافها فقط. ذلك، لأنه من الممكن أن تؤدي زيادة وزن ذلك التليسكوب إلى سقوطه ودماره. لذلك، أصبح التليسكوب العاكس الذي يتم فيه تدعيم المرايا من الخلف ذا مميزات أفضل؛ لأنه ليس هناك حد معين لحجمه. وبالطبع، يعد الحجم من العوامل المهمة في التليسكوب. فعلى سبيل المثال، عند زيادة حجم فتحة التليسكوب إلى الضعف، فإن ذلك يؤدي إلى رؤية الأشياء التي تبعد ضعف المسافة كما تصبح الرؤية أوضح بمقدار الضعف.

بناءً على ذلك، فإن وليم هيرشل دفع بصناعة التليسكوبات نحو التطور. وقد هاجر وليم هيرشل إلى إنجلترا عام ١٧٧٢؛ ربما لأنه كان يوجد بعض أسلاف الملك في هانوفر. على أية حال، لم يعرف السبب في تحوله السريع والمبكر عن الموسيقى إلى الفلك. ولكنه بنى أول تليسكوب خاص به عام ١٧٧٦.

في هذا الشأن، بدأ هيرشل ببناء تليسكوب يبلغ طوله ٢ متر. وباستخدام هذا التليسكوب، استطاع اكتشاف كوكب أورانوس في عام ١٧٨١. وعندما أمده الملك بالموارد المالية اللازمة، قام بمضاعفة حجمه ثم مضاعفته مرةً أخرى. وفي عام ١٧٨٩، انتهى من بناء التليسكوب العملاق الذي كان يبلغ طوله ١٢ مترًا ومثبت به مرآة يزيد قطرها عن ١ متر. وقد تم بناء السقالات والمائدة الدوارة بمدينة سلو غربي لندن لتثبيت التليسكوب في أثناء عملية الرصد. وقد كان حجم تلك السقالات والمائدة يزيد عن حجم منزل كبير. لذا، لم يتم بناء تليسكوب آخر منافس له في الحجم سوى بعد مرور نصف قرن.

من الأمانة أن نذكر أنه كان من الصعب استخدام ذلك التليسكوب العملاق، لذا فقد استخدم وليم هيرشل المعدات صغيرة الحجم لإنجاز أعظم اكتشافاته، مثل الأقمار الجديدة التي تدور حول زحل واكتشاف كوكب أورانوس. على أية حال، استفاد علماء الفلك في المستقبل من ذلك التليسكوب العملاق. ← ١٨٠٠

إسهامات نيقولاس ليبلانك في تحضير الصودا من الملح

في نهاية القرن الثامن عشر، كانت هناك حاجة ماسة إلى اختراع المواد الكيميائية اللازمة للأغراض الصناعية. ومن أبرز تلك المواد التي تستخدم في الأغراض الصناعية كانت القلويات التي تستخدم في صناعة الزجاج والصابون والنسيج والورق. وهناك نوعان رئيسيان من القلويات أولهما البوتاس الذي يتم الحصول عليه عن طريق نقع رماد الخشب في الماء. الثاني: رماد الصودا المعروف باسم صودا الغسيل ويتم الحصول عليه بغلي عدة أنواع من الأعشاب البحرية، مثل عشب البحر الاسكتلندي والحرض الذي يوجد بجزر الكناري. لكن، لم تكن هناك وفرة في مثل هذه المصادر بالإضافة إلى الخلل في بعض معايير الجودة. وبالتالي، كانت هناك ضرورة للحصول على القلويات من مصدر وفير وبشكل مستمر.

نظرًا لدخولها في الحروب مع معظم الدول الأوروبية الأخرى، لم تستطع فرنسا استيراد الصودا. ونتيجة لذلك، خصص الملك لويس السادس عشر في عام ١٧٨٣ جائزة تقدمها الأكاديمية الفرنسية للعلوم لأي شخص يستطيع تصنيع تلك المواد القلوية أو رماد الصودا بواسطة تحليل ملح البحر؛ شريطة أن تكون طريقة بسيطة وقليلة التكلفة.

كانت نقطة البداية معروفة للجميع؛ حيث قام العالم الألماني جوهان جلاوبر قبل ذلك بمدة قرن ونصف بتسخين حمض الكبريتيك مع كلوريد الصوديوم (ملح البحر) للحصول على حمض الهيدروكلوريك. وفي النهاية، استطاع الحصول على راسب أطلق عليه اسم ملح جلاوبر أو القرص الملحي (كبريتات الصوديوم). وبالتالي، اعتقد العديد من الأشخاص أن بإمكانهم استخلاص كربونات الصوديوم أو رماد الصودا من القرص الملحي. ولكن للأسف لم يستطع أحد الحصول عليها بمعايير البساطة والتكلفة التي تم تحديدها.

$$2NaCl + H_2SO_4 \longrightarrow Na_2SO_4 + 2HCl$$

كلوريد الصوديوم (الملح العادي أو ملح البحر) + حمض الكبريتيك (زيت الزاج) ⟵ كبريتات الصوديوم (ملح جلاوبر) + حمض الهيدروكلوريد

$$Na_2SO4 + 2C + CaCO_3 \longrightarrow Na_2Co_3 + 2CO_2 + CaS$$

كبريتات الصوديوم + كربون (الفحم النباتي) + كبريتات الكالسيوم (الحجر الجيري) ⟵ كربونات الصوديوم (رماد الصودا) + ثاني أكسيد الكربون + كبريتيد الكالسيوم

توضح هاتان المعادلتان كيف تمكن نيقولاس ليبلانك من تحويل الملح العادي إلى رماد الصودا لاستخدامه في الأغراض الصناعية. وقد نتج من ذلك التفاعل حمض الهيدروكلوريك وكبريتيد الكالسيوم في صورة بقايا صلبة.

لم يتمكن أحد من اكتشاف هذا التفاعل سوى نيقولاس ليبلانك الذي كان يعمل طبيبً في أورليان. حيث قام بالتسخين الشديد للقرص الملحي (كبريتات الصوديوم) مع الفحم النباتي (الكربون) والطباشير (كربونات الكالسيوم). وكانت النتيجة تصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون وترسب كربونات الصوديوم وكبريتيد الكالسيوم. ومن الممكن التخلص من تلك الفضلات أو المخلفات بالغسيل. وبالتالي، تم حل المشكلة التي ظهرت في البداية. لذلك. قام مؤيدو ليبلانك ببناء مصنع خارج باريس ثم بدأ الإنتاج في تصنيع تلك المواد التي كانت فرنسا في أشد الحاجة إليها بسبب الحرب.لكن، لسوء الحظ لم يدم ذلك الوضع طويلاً. حيث قام رجال الثورة بالاستيلاء على المصنع والسلطة بعد قيامهم بقطع رأس الملك. كما أجبروا ليبلانك على إخبارهم بسر التفاعل الذي يؤدي إلى تصنيع الصودا؛ ثم سرعان ما بدأ الإنتاج. ولكن، لم يتم تعويض ليبلانك نظير الاستيلاء على المصنع. لكنه، بمرور الوقت استطاع تشغيل المصنع مرةً أخرى. وفي الوقت نفسه، تم حل الأكاديمية الفرنسية للعلوم؛ وبالتالي لم يستطع الحصول على الجائزة أبدًا. وفي النهاية، أطلق النار على رأسه عقب إفلاسه وتسرب اليأس إلى نفسه.

بالإضافة إلى ذلك، تم التخلص من ذلك التفاعل الذي قدمه حيث ثبت تأثيره الضار على البيئة؛ بالإضافة إلى إنتاجه العديد من المخلفات الخطيرة. وقد حل محله طريقة صولفي لتحضير كربونات الصوديوم عام ١٨٦١. وفي النهاية، تم تقدير ورثة ليبلانك؛ حيث قدم الملك نابليون الثالث عام ١٨٥٥ مكافأة لهم بدلاً من الجائزة وحتى الآن يقف تمثال العالم ليبلانك في قلب العاصمة الفرنسية باريس.

إسهامات إيرازموس داروين العلمية

عام ١٧٩٤

عندما يذكر اسم داروين، فإن أول ما يخطر ببال القارئ هو العالم شارل داروين ونظريته عن أصل الإنسان (١٨٥٩)، وليس إيرازموس داروين ودراسة الحيوانات. على أية حال، فإن إيرازموس داروين هو جد العالم شارل داروين. ويعد إيرازموس داروين واحدًا من أبرز العلماء في عصره. كما أن كتابه Zoonomia عن الحيوانات الذي نشره عام ١٧٩٤ يعد من أهم الكتب التي صدرت في ذلك العصر. ويتوقع ذلك الكتاب العديد من الأفكار التي قدمها مؤيدو نظرية التطور؛ وبشكل خاص العالم جان لامارك (١٨٠٩).

كان إيرازموس داروين يعتقد بحدوث تغير في النباتات والحيوانات على مدار فترات طويلة من الزمن. وبالتالي، فإن تلك النباتات والحيوانات لم تكن ثابتة. ويعني ذلك أيضًا أن العلاقة بين النباتات والحيوانات التي تظهرها جداول التصنيف تعكس في الواقع تاريخ الحياة على الأرض. كما كان يعتقد أن الكائنات الحية تتكيف مع البيئة التي تعيش فيها بعدة طرق مختلفة مثل اختلاف أشكال المناقير في الطيور؛ من حيث صلابتها أو نعومتها وطولها أو قصرها وعرضها أو صغرها وفقًا للمكان الذي تعيش فيه تلك الطيور ونوع الطعام الذي تتمكن من الحصول عليه في تلك المناطق.

كان إيرازموس داروين يعتقد – مثل لامارك – أن جميع أشكال التكيف هي نتيجة الصراع المستمر لجميع الكائنات من أجل البقاء. ومن أجل ذلك الصراع، اكتسبت بعض الكائنات خصائص معينة لمساعدتها على البقاء وتهيئة البيئة المناسبة لأطفالها. وعلى الرغم من اختلاف حفيده معه في تلك المسألة، فإن كليهما يرى أن السبب في وجود حياة على الأرض يرجع إلى رغبة تلك الكائنات في التكيف مع البيئة التي تعيش فيها من أجل البقاء؛ وأنه بمرور مدة طويلة وكافية من الزمن، نشأت جميع أشكال الحياة المختلفة من أصل واحد.

من الجدير بالذكر أن إيرازموس داروين كان موهوبًا في العديد من المجالات مثل الطب وكتابة الشعر؛ حيث كان معجبًا بأشعار ووردزوورث وكولريدج. كما قام بصنع مركب كبير لنقل البضائع وميكروفون آلي وعربة لا يمكن لأحد الاستيلاء عليها وغيرها من الاختراعات.

وعلى الرغم من ذلك، فإنه لم يعطِ الفرصة لأي من تلك الاكتشافات للتأثير على شهرته في مجال الطب. وقد كانت اهتماماته العلمية واسعة جدًا. فقد اقترح أن القمر كان جزءًا من كوكب الأرض فيما قبل ولكنه انفصل عنه منذ مدة طويلة مخلفًا فجوة ضخمة وعميقة يملأها الآن ماء المحيط الهادئ.

عاش إيرازموس داروين في عصر كل من جوزيف بانكس (١٧٧٨) وكارل لينين (١٧٥٣) وقد ترجم كتب لينين إلى اللغة الإنجليزية. كما كان أحد الأعضاء المؤسسين لجمعية بيرمنجهام في إنجلترا عام ١٧٦٥. وكان إيرازموس داروين متشددًا في آرائه السياسية مثل رفاقه في جمعية بيرمنجهام. كما كان مؤمنًا بالديمقراطية وإصلاح التعليم. وقد تسببت تلك الأفكار في التشكيك فيه خلال حروب نابليون؛ ومن ثم لم يستطع استعادة سمعته الطيبة مرةً أخرى.

اكتشاف أدوارد جنر علاج لمرض الجدري

١٧٩٦

حتى القرن الثامن عشر، كان الجدري من بين الأمراض المفزعة التي قد تصيب الأشخاص بالعمى أو التشوه وربما يودي بحياة المصاب. لكن، لم يكن معروفًا سبب الإصابة به، وقد كانت جميع أنواع العلاج المتاحة ضربًا من المحاولات ليس إلا، ولكن لم يكن لها أدنى فاعلية. وكان ذلك المرض يحصد أرواح العديد من سكان القارة الأفريقية وأمريكا وجزر المحيط الهادئ الفقراء التي لم ينتشر بها ذلك المرض حتى وصل إليها الغزاة الأوربيون.

منذ بداية القرن الثامن عشر، تمت تجربة العديد من اللقاحات من أجل الوقاية من ذلك المرض والحد من انتشاره. وقد لوحظ أنه لا يمكن إصابة الشخص بمرض الجدري مرتين أبدًا. ويعني هذا أن المريض تتكون لديه مناعة ضد ذلك المرض عند إصابته الأولى به. لذلك، كان يؤخذ جزء من الصديد الموجود في البثور الناتجة عن المرض؛ ثم يتم حكها بالجلد كلقاح ضد المرض. وتكمن الفكرة في ذلك في أنه عند تناول المريض ذلك اللقاح، يكون قد حصل على جرعة مناسبة من المرض والتي يأمل أن تصبح علاجًا ووسيلة فعالة للوقاية من

المرض في الوقت نفسه. وبالفعل، انسحب المرض فترة معينة ولكنه عاد في الانتشار مرةً ثانيةً بصورة وبائية.

في ذلك الوقت، قدم الطبيب الإنجليزي أدوارد جنر أسلوبًا أفضل لمكافحة هذا المرض قام بتجريبه في جلوستر شاير. لاحظ أدوارد جنر أن السيدات اللاتي يعملن في حلب الألبان يتميزن ببشرة صافية ونقية من مرض الجدري وذلك لإصابتهن بمرض جدري البقر نظرًا لطبيعة عملهن. وقد أدى ذلك إلى وقايتهن من الإصابة الخطيرة بمرض الجدري. وفي عام ١٧٩٦، قام أدوارد جنر باختبار تلك الفكرة، مستخدمًا أسلوب التلقيح السابق نفسه ولكن باستعمال صديد جدري البقر هذه المرة. وقد لاحظ أن مريضًا كان يبلغ من العمر ١٨عامًا قد استجاب للعلاج فورًا. وبعد ٦ أسابيع، أعطاه أدوارد جنر جرعة قياسية من اللقاح، وكانت النتيجة عدم إصابته بالعدوى مرةً أخرى. وبذلك، أصبح جدري البقر لقاحًا للإنسان ضد الإصابة بالجدري.

أطلق أدوارد جنر على ذلك الأسلوب الجديد (Vaccination) اسم التلقيح ضد الجدري نسبةً إلى الكلمة اللاتينية vacca التي تعني البقر. ويعد هذا الاكتشاف هو بداية عصر جديد في عالم الطب العام. وبعد استخدام ذلك اللقاح، أصبح العالم خاليًا تمامًا من مرض الجدري لمدة ٢٠٠ عام. وباستخدام الأفكار التي قدمها العالم لويس باستور عام **١٨٨٦** والعديد من العلماء الآخرين على مدار القرن التاسع عشر، تم التوصل إلى علاج العديد من الأمراض المميتة الأخرى. وقد أثار الاكتشاف الذي قدمه أدوارد جنر العديد من الأسئلة، مثل: كيف يمكن للجسم مقاومة العدوى بصفة يومية؟ وكيف يمكن الوقاية من الأمراض المعدية؟ لكن، لم تتم الإجابة على تلك الأسئلة سوى بعد مرور ١٠٠ عام أخرى (متشنيكوف - **١٨٩١**).

> **يغمرني ذلك الشعور بالسعادة البالغة عندما أتذكر أن القدر جعلني أداة لتخليص العالم من واحد من أخطر الأمراض الوبائية (الجدري)؛ لدرجة أنني أعتقد في بعض الأحيان أن ذلك أحد أحلام اليقظة.**
>
> **أدوارد جنر**



إسهامات بيير لابلاس في كيفية نشأة النظام الشمسي

١٧٩٦

قدم العالم بيير لابلاس العديد من الإنجازات العظيمة والمهمة حتى أُطلق عليه اسم نيوتن الفرنسي. وقد قدم معظم تلك الإنجازات في صغره مثل جميع علماء الرياضيات. فعندما كان بيير لابلاس بين العشرين والأربعين من عمره قدم العديد من الإنجازات، بينما قضى الأربعين عامًا الأخيرة من حياته في تأليف العديد من الكتب القوية والمؤثرة.

في عام ١٧٩٦، أصدر كتابه عن نظام الكون والذي كان يحتوي على واحدة من أكثر أفكاره إبداعًا. وتدور تلك الفكرة في جوهرها عن كيفية نشأة النظام الشمسي، بحيث تقع الشمس في المركز وتدور حولها جميع الكواكب؛ بعض تلك الكواكب يحتوي على بعض الأقمار والمذنبات. وقد كان يعتقد بيير لابلاس – ومثله الفيلسوف الألماني إيمانويل كنت الذي كان يعيش في الوقت نفسه – أن النظام الشمسي نشأ في صورة سحابة ضخمة من الغاز والغبار (السديم). وقد تجمعت جزيئات كل من الغاز والغبار عن طريق قوة الجاذبية التي كانت تعمل على سحبها تجاه بعضها البعض، وبالتالي، أخذ حجم تلك السحابة في التقلص. ولكن حافظت الحركة العشوائية لها على استمرار دورانها. وكلما تقلص حجم تلك السحابة، فإن سرعتها تزداد مثل المتزلج الذي يجر ذراعيه. وعندما تزداد سرعة الدوران. تصبح السحابة أكثر انبساطًا مكونة نتوء في المركز.

داخل تلك السحابة، تجمعت جزيئات الغاز والغبار بشكل عشوائي مكونة تكتلات أو تجمعات من تلك الجزيئات. ثم تجمعت تلك التكتلات مع بعضها البعض عن طريق قوة الجاذبية أو التصادم لتكون تكتلات أكبر حتى تصبح في النهاية في حجم الكوكب أو أكبر ثم استقرت الكتلة الأكثر ضخامةً في المركز مكونة الشمس، أما التكتلات الأصغر حجمًا فقد كونت الكواكب والأقمار والمذنبات التي تدور في فلكها حتى الآن.

من الجدير بالذكر أن تلك النظرية تقدم تفسيرًا للعديد من الظواهر التي توجد بالنظام الشمسي. فعلى سبيل المثال، قدمت تفسيرًا لدوران جميع الكواكب حول الشمس في المستوى والاتجاه نفسهما؛ بالإضافة إلى دوران الشمس نفسها في الاتجاه نفسه. ولكن على مدار الأعوام التالية، تم تحدي نظرية السديم على عدة أسس ودار الجدل حول عدد من التفاصيل التي تذكرها. لكن الآن، تعد تلك النظرية مقبولة تمامًا لتفسير نشأة النظام الشمسي بهذا الشكل.

لكن أثار بيير لابلاس في كتابه ذلك الافتراض المرعب بإمكانية اصطدام الأرض بأحد المذنبات يومًا ما. وذكر أنه على الرغم من أن ذلك الافتراض صعب التحقق، فإنه يعد أمرًا حتميًا لازم الحدوث - لكن يحتاج ذلك إلى وقت كافٍ - ذلك، لأن دمار الكون وانتهاء الحياة يعد شيئًا حتميًا. وما تزال تلك الأفكار شائعة حتى الآن ألفاريز (١٩٨٠).

اختراع أليساندرو فولتا لأول بطارية كهربائية

١٧٩٦

بعد ١٠ أعوام من توليد العالم الإيطالي لويجي جالفاني لأول تيار كهربائي مستمر - عن طريق المصادفة - بملامسة قطعة من النحاس والحديد لأرجل الضفدعة عام ١٧٨٦، قام زميله أليساندرو فولتا بتفسير ما حدث في الواقع. وقد أدى ذلك الاكتشاف إلى حدوث ثورة تكنولوجية هائلة. وقد قدم أليساندرو فولتا اكتشافه في خطاب ألقاه أمام الجمعية الملكية بلندن والذي كان يحضره عالم الأحياء جوزيف بانكس الذي أصبح رئيسًا لتلك الجمعية فيما بعد.

ووفقًا لوجهة نظر أليساندرو فولتا، فإنه في أثناء دراسته للكهربائية الحيوانية التي اعتقد لويجي جالفاني بوجودها وقدرتها على إثارة رعشة في البدن، قام بتوصيل عملة معدنية من النحاس وأخرى من الحديد بواسطة سلك ثم وضعهما في فمه بحيث تكون إحداهما فوق اللسان والثانية أسفله. وعلى الفور، شعر بوخز خفيف في لسانه بالإضافة إلى الشعور بطعم الملح في فمه. ولكنه، سرعان ما اكتشف أن الأمر لا يتطلب استخدام اللسان وأنه من الممكن استخدام ضمادة من القماش أو الكرتون المغمور في محلول شديد الملوحة أو محلول حمضي مخفف ثم وضعه بين العملتين كي ينتج تيارًا كهربائيًا. وعند توصيل كلتا القطعتين بالمكشاف الكهربائي (إلكتروسكوب)، لاحظ أن إحدى القطعتين تصدر شحنات كهربائية موجبة بينما تصدر الأخرى شحنات كهربائية سالبة.

هكذا، استطاع أليساندرو فولتا اختراع أول بطارية كهربائية بإمكانها توليد فيض مستمر من التيار الكهربائي. وبذلك، يتضح أن نظرية لويجي جالفاني التي تقترح وجود الكهربائية الحيوانية (أرجل الضفادع) خاطئة. ولكن يرجع تولد التيار الكهربائي - وفقًا

لعالم الفيزياء أليساندرو فولتا - إلى التوصيل بين معدنين مختلفين (مثل النحاس والحديد مغمورين في محلول ملحي (يوجد هذا المحلول بأرجل الضفادع).

بعد ذلك، سرعان ما توصل فولتا إلى أنه يمكن مضاعفة التيار الكهربائي الذي يمكن الحصول عليه عن طريق وضع البطاريتين بجانب بعضهما البعض أو بوضع إحداهما فوق الأخرى ثم توصيل القطب النحاسي الذي يوجد بإحدى البطاريتين بقطب الحديد الذي يوجد بالبطارية الأخرى. وبذلك، استطاع أليساندرو فولتا اختراع أول بطارية كهربائية تراكمية وهي تشبه وضع عدد من القنابل بجانب بعضها ثم تركها تنفجر مع بعضها.

من الصعب أن نجهل أهمية الاكتشاف الذي قدمه أليساندرو فولتا (١٨٠٠). لذلك، كان من الملائم تسمية وحدة الضغط الكهربائي الذي يولد تيارًا كهربائيًا من خلال موصل الفولت نسبةً إليه (١٨٢٦).

حساب هنري كافندش لوزن الأرض

١٧٩٨

كان الباحث الإنجليزي هنري كافندش ينتمي إلى إحدى العائلات الأرستقراطية الثرية. وقد قدم هنري كافندش العديد من الاكتشافات المهمة منها غاز الهيدروجين عام ١٧٦٦ والقانون الذي يحكم قوة التجاذب والتنافر بين الشحنات الكهربائية الذي دائمًا ما يتم ربطه بالعالم الفرنسي شارل كولوم (١٧٨٥). لكن، تعد محاولته لوزن الأرض أعظم الإنجازات التي قام بها وآخرها.

للقيام بذلك، اعتمد هنري كافندش على قوانين نيوتن (١٦٨٧) التي توضح أن قوة الجاذبية بين جسمين تعتمد على كتلة كل منهما، بالإضافة إلى المسافة بينهما. وباستخدام الميزان الإلتوائي الذي اخترعه صديقه جون ميشيل (١٧٨٣)، استطاع هنري كافندش قياس قوة الجاذبية بين كرات الرصاص الكبيرة والصغيرة. وتلك القوة ضعيفة جدًا، وبالتالي كانت المقاييس شديدة الحساسية. لذلك، قام كافندش بوضع الميزان في حجرة محكمة الغلق ثم قام بقراءة المؤشر عن بعد باستخدام التليسكوب. وبعد ذلك، قارن بين مقدار تلك القوة ووزن الكرة الصغيرة الذي يمثل قوة الجاذبية بين الكرة الصغيرة والأرض. وبذلك، استطاع هنري كافندش

حساب وزن الأرض. وتقدر النتيجة التي حصل عليها بمقدار ٦ × ١٠^١٢ طن، ويعد ذلك الرقم قريبًا من الرقم الحالي المقبول لدى العلماء.

لم يكن هنري كافندش أول من حاول التعرف على وزن الأرض على الرغم من أنه أول من استخدم تلك الطريقة. وقد سبقه إلى ذلك عالم الفلك بالمرصد الملكي نيفل ماسكلاين بعشرين عامًا. ونيفل ماسكلاين هو أول من قام بوضع التقويم القمري عام **١٧٦٥**. وقد استخدم في تجربته وزن الخيط في محاولة للقيام بالشيء نفسه. ومن الممكن أن تتوقع وزن جسم ما إذا تم تعليقه بشكل رأسي ولكن قد يؤدي وجود كتلة ضخمة - مثل الجبل - بالقرب من ذلك الجسم إلى وجود قوتين متعارضتين تؤدى إحداهما إلى جذبه في اتجاهها بعيدًا عن الوضع الرأسي. ومن اللافت للانتباه أن ماسكلاين استطاع قياس ذلك التغير الدقيق في اتجاه الجسم المعلق بشكل رأسي، وبالتالي، استطاع قياس قوة الجاذبية للجبل. أما الخطوة التالية لذلك، فهي محاولة قياسه وزن الأرض. وقد كانت النتيجة التي توصل إليها جراء تلك المحاولة صحيحة تقريبًا مثل تلك التي توصل إليها كافندش.

إسهامات بنيامين طومسون في نظرية الحرارة

١٧٩٨

عاش المغامر الأمريكي المولد بنيامين طومسون حياة متعددة الجوانب؛ حيث عمل بالتدريس ثم تطوع للخدمة العسكرية في الجيش البريطاني في أثناء الحرب للحصول على الاستقلال. كما احتل منصبًا كبيرًا في الحكومة البافارية؛ حيث أصبح الكونت بنيامين طومسون. وقد كان بنيامين طومسون رجلاً عمليًا قدم العديد من الاختراعات التي تتعلق معظمها بالمواقد والمداخن وتطبيقات الحرارة مثل الغلاية المزدوجة وماكينة إعداد القهوة. كما عزز من استخدام المحرك البخاري الذي قام جيمس وات بتطويره. وقد تعرض في حياته إلى الفشل ثم النهوض والنجاح عدة مرات. ولكنه قضى وقتًا قصيرًا في وطنه. وتزوج مرتين إحداهما أرملة أمريكية ثرية، أما الأخرى فهي ماري لافوازييه؛ أرملة عالم الكيمياء الشهير أنطوان لافوازييه.

علاوةً على ذلك، يعد بنيامين طومسون العالم الوحيد المهم الذي ظهر في أمريكا الشمالية في الفترة ما بين بنيامين فرانكلين (١٧٥١) وجوزيف هنري (١٨٣١). ولكنه، اكتسب شهرته في مجال العلم بناءً على ملاحظة واحدة. فعندما كان بنيامين طومسون وزيرًا للحربية ببافاريا، فإنه كان مسئولاً عن تصنيع المدافع؛ حيث كان يتم تركيب أسطوانة صلبة من النحاس لكل برميل، ويتم ثقبها من المنتصف بواسطة عمود الحفر. وقد لاحظ بنيامين طومسون على الفور أن درجة حرارة المدافع تزداد في أثناء عملية الثقب وبشكل خاص إذ كان المثقاب غير حاد، لذلك راوده الشك في أنه توجد خاصية مهمة للحرارة تنتج عن ذلك الشيء الذي يلاحظه العديد من الأشخاص.

في عام ١٧٩٨، أخبر الجمعية الملكية أن لديه قالبًا خاصًا للأسطوانة وأن بإمكانه وضعه في حوض الماء. وبمجرد تركيب أداة الثقب الخشنة، ارتفعت درجة حرارة الماء، وبعد ساعتين ونصف وصلت درجة حرارتها إلى الغليان. وكان من الواضح أنه تم توليد كمية هائلة من الطاقة – تساوي الحرارة الناتجة عن احتراق ٩ شمعات كبيرة معًا، كما قدره بنيامين طومسون – دون اشتعال النيران. ويبدو أنه كلما استمرت عملية الثقب، تزداد درجة الحرارة ويستمر الماء في الغليان. وبالتالي، كان يبدو أن الحرارة الناتجة لن تنضب.

وفقًا لنظرية الحرارة المقبولة في ذلك الوقت، كانت الحرارة تعرف على أنها مادة غير مرئية أو أنها ربما سائل عديم الوزن يطلق عليه اسم السيال الحراري. وقد كان لافوازييه. الزوج السابق لزوجته، هو من عمل على نشر تلك الفكرة في الماضي. وقد أعلن بنيامين طومسون أنه سيعمل على إثبات خطأ تلك النظرية. وكان لديه سببان: أولهما أن عدم نضوب تلك الطاقة الحرارية يدل على أنها ليست مادة؛ نظرًا لأن المادة لا بد أن تنفد في وقت ما. ثانيهما أن الحاجة إلى عملية دوران عمود الثقب لتوليد تلك الحرارة يقترح وجود علاقة وثيقة بين الحرارة والحركة.

لكن، لم يكن من الممكن التخلي عن نظرية السيال الحراري بهذه السهولة حيث كان التأثير الذي أحدثه لافوازييه قويًا مما جعل العديد من الأشخاص يتعلقون بتلك الفكرة لعدة عقود. ومن بين أولئك الذين اعتقدوا بصحة أفكار بنيامين طومسون العالم الإنجليزي الشاب همفري دايفي (١٨٠١) الذي لاحظ أنه يمكن إذابة قطعتين من الثلج عند احتكاكهما

ببعضهما البعض. ويعد ذلك مثالاً آخر على أن الحركة تؤدي إلى توليد الحرارة. وقد عبر بنيامين طومسون عن شكره وامتنانه لذلك الشاب همفري دايفي في أثناء تعيينه كمحاضر بالمعهد الملكي الذي أنشأه بنيامين بلندن، وبذلك بدأ همفري دايفي مشواره العلمي.

يعد المعهد الملكي هو الميراث العظيم الآخر الذي تركه بنيامين طومسون، حيث كون العديد من الصداقات القوية مع العديد من الأشخاص في أثناء إقامته هناك، من بينهم عالم الطبيعة الشهير جوزيف بانكس والذي أصبح رئيسًا للجمعية الملكية فيما بعد (١٧٧٨). وقد قاما بجمع المال من الأغنياء والمساندين لإتمام ذلك المشروع على الرغم من أن بنيامين طومسون قد أعلن إفلاس المعهد في سنواته الأولى.

من بين البرامج التي كان مخططًا لها في ذلك المعهد، نشر الوعي لدى الجمهور بأهمية العلم وتأثيره على الحياة اليومية. وبشكل موجز، كان بنيامين طومسون أستاذًا لعلم الفلسفة الطبيعية في صغره وكان صاحب تجربة الشق المزدوج. وقد انضم إلى ذلك المعهد العديد من العلماء البارزين خلال الـ ٢٠٠ عام التالية، مثل العالم مايكل فاراداي (١٨١٣) والحائز على جائزة نوبل اللورد رايلي (١٨٩٤) وجيمس ديوار (١٩١١) والأب والابن براج الحاصلين على جائزة نوبل (١٩١٥). ولكن بعد فترة من الزمن، أصبحت نتائج الأبحاث التي يصدرها المعهد نظرية بشكل كبير بالنسبة للعالم طومسون، وبالتالي فإنه فقد الاهتمام بها.

> **كثيرًا ما تتاح لنا الفرصة في حياتنا العادية واليومية للتفكير في بعض المسائل التي تثير فضولنا حول بعض الظواهر الطبيعية.**
>
> **بنيامين طومسون**

إسهامات وليم سميث في مجال دراسة الصخور



توفي والد وليم سميث الذي كان حدادًا بأوكسفورد شاير بينما كان وليم صغيرًا. وبعد فترة قصيرة من التعليم تم تدريبه على مهنة مسح الأراضي وقد أثبت مهارته فيها. وأتاح له عمله الفرصة ليطوف جميع أنحاء

إنجلترا كما أتاح له العديد من الفرص لدراسة الصخور البارزة وهو الشيء الذي كان مولعًا به منذ صغره. وكان ينزل المناجم حيث كان يتمكن بسهولة من ملاحظة الطبقات المختلفة المتتالية من الصخور ذات الأنواع المختلفة.

هذا، وقد حصل وليم على أدلة أكثر قوةً عند دراسة جوانب التلال التي يتم بناء بعض القنوات بها مثل قناة الفحم بجزيرة سمرست والتي عمل بها لمدة ٦ سنوات. وتعد عمليات التعدين وبناء القنوات من العوامل الرئيسية التي أدت إلى دراسة الصخور في لندن وجميع أنحاء العالم وهو الأمر الذي يعد أساسًا لعلم الجيولوجيا.

كان من المعروف في ذلك الوقت أن طبقات الصخور تتكون وفق ترتيب معين. وكان نيقولاس ستينو (١٦٦٧) وجيوفاني أردوينو (١٧٥٩) (وربما ليوناردو دافنشي قبلهما) قد أسسا مبدأ تراكب الطبقات، وينص هذا المبدأ على أنه في أية مجموعة من الصخور، تكون الطبقات السفلى هي التي تكونت أولاً بينما تكون الطبقات العليا هي الأحدث. لكن أضاف وليم سميث شيئًا مهمًا عندما لاحظ أن طبقات الصخور المختلفة تحتوي على مجموعات مختلفة من الحفريات والنتوءات الحجرية التي عادة ما تشبه المحار أو العظام. وقد اقترح أنه من الممكن استخدام تلك المجموعات الحفرية في التعرف على طبقات الصخور التي توجد في المنحدرات الصخرية الشاهقة التي تبعد بضعة كيلو مترات، كما يمكن من خلال تلك الحفريات الربط بين طبقات الصخور المختلفة. وبالتالي، فإنه من الممكن إثبات أن إحدى الطبقات الصخرية البارزة التي توجد بسمرست تتطابق مع تلك الموجودة بيورك شاير.

في عام ١٧٩٩، بدأ وليم سميث العمل على أول خريطة جيولوجية له. وقام بتلوين العديد من الطبقات الصخرية على تلك الخريطة التي كانت تصف طريق مقاطعة باث التي كان يعيش بها في ذلك الوقت. وبعد ذلك بفترة قصيرة، قام بالمثل بالعمل على خريطة إنجلترا المصغرة. أما الخطوة الأولى نحو رسم خريطته الجيولوجية الكبرى، فقد تم الإعلان عنها عام ١٨١٥. وتعد تلك الخريطة هي الأكبر من نوعها في ذلك الوقت، كما أنها الأكثر تفصيلاً بين جميع الخرائط التي تستخدم الحفريات للتعرف على طبقات الصخور.

في الحقيقة، تطلبت تلك الخريطة مجهودًا واسعًا، بالإضافة إلى استغراقها وقتًا طويلاً؛ إذ قد تكون هي السبب في شهرته يومًا ما. لكن، كان عليه في البداية الكفاح من أجل الحصول على المال اللازم لنشرها. وقد كان جوزيف بانكس من بين المؤيدين له في ذلك الوقت. ثم كان عليه أيضًا احتمال الإفلاس الذي قد يواجهه وتحمل المهانة من علماء الجيولوجيا الآخرين، نظرًا لتدني درجة تعليمه. ولكنه، انتصر على كل ذلك في النهاية؛ ففي عام ١٨٣١ حاز على ميدالية وولاستون وهي أكبر جائزة شرفية من الجمعية الجيولوجية بلندن. وبذلك، تأكدت مكانته بين العلماء.

توضيح وليم هيرشل العلاقة بين الحرارة والضوء

١٨٠٠

كان وليم هيرشل ألماني المولد لكنه عاش بإنجلترا منذ بلوغه التاسعة والعشرين من عمره. وقد كانت له مساهمات عديدة في علم الفلك، من بينها اكتشافه كوكب أورانوس عام ١٧٨١ وبناء أول أكبر تليسكوب عام ١٧٨٩. كما قام برصد الشمس من العديد من الجوانب من خلال العديد من الفلاتر الملونة لتقليل الضوء. وقد لاحظ أن الألوان المختلفة تسمح بمرور كميات مختلفة من الحرارة عبرها. ولذلك، كان تخمينه الأول هو أن تلك الألوان تحتوي على كميات مختلفة من الحرارة.

لاختبار ذلك، قام بإجراء تجربة بسيطة ومن السهل تكرارها. وتقوم فكرة تلك التجربة على أن المنشور يعمل على كسر الضوء إلى عدة ألوان تتراوح بين البنفسجي والأحمر. كما قام بوضع ترمومتر ذي زجاجة طرفها لونه أسود في كل منطقة ملونة بالدور ثم قارن بين درجات الحرارة مع قراءة الترمومترين اللذين وضعهما خلف نهاية الطيف.

لقد كانت النتائج مذهلة؛ حيث وجد أن درجات حرارة جميع المناطق الملونة أعلى من تلك التي تمت تغطيتها باللون الأسود. كما أن كمية الحرارة التي تم اكتشافها كانت ترتفع كلما اتجهنا بالتدريج من البنفسجي حتى الأحمر. لذلك، فإنه عندما وضع وليم هيرشل الترمومتر خلف منطقة اللون الأحمر، حيث لا يمكن رؤية الضوء في تلك المنطقة، لاحظ أنها أكثر المناطق حرارةً.

يبدو أن الشمس تحتوي على بعض أشكال الضوء غير المرئي. وقد أطلق وليم هيرشل على ذلك الضوء اسم الأشعة الحرارية. وقد أثبتت التجارب فيما بعد أنه يمكن عكس تلك الأشعة باستخدام المرآة وكسرها باستخدام المنشور وتجميعها بواسطة العدسات تمامًا مثل الضوء العادي. وأُطلق على هذه الأشعة فيما بعد اسم الأشعة تحت الحمراء (١٨٠٢) أو الحرارة الإشعاعية. وفي الواقع، تشبه تلك الأشعة الضوء المرئي، كما أنها ذات علاقة بأنواع الأشعة الأخرى مثل الأشعة فوق البنفسجية (١٨٠٢) والموجات الإشعاعية (١٨٨٨) وأشعة إكس (١٨٩٥) وأشعة جاما (١٨٩٩)، بالإضافة إلى العديد من الأنواع الأخرى التي يتم اكتشافها حتى الآن.

بداية قرن الإليكترونيات

١٨٠٠

تم تطوير البطاريات التي اخترعها أليساندرو فولتا عام ١٧٩٦، وقد تسبب الكشف عن ذلك التطوير عام ١٨٠٠ في حدوث الكثير من الضجة في مجال العلوم. إذ أخذ علماء الفيزياء البحث عن المزيد من تأثيرات التيار الكهربائي في كل مكان، بالإضافة إلى التطبيقات المناسبة لفيض التيار الكهربائي الذي تمكنوا من توليده. وقد تدفقت الاكتشافات بسرعة كبيرة، وبشكل خاص كلما ازداد عدد البطاريات المستخدمة التي تؤدي إلى زيادة القدرة الكهربائية الناتجة.

توصل كل من العالمين الإنجليزيين وليم نيقولسون وأنتوني كارلايل إلى وجود تأثير ملحوظ للتيار الكهربائي عندما يتم غمس الأسلاك الموصلة بطرفي البطارية في محلول ملحي أو حمضي. وربما لاحظا ذلك بالصدفة أول مرة. ولكن عند تكرار التجربة، لاحظا تجمع فقاعات دقيقة من الغازات حول كل سلك. وقد ثبت أن تلك الغازات عبارة عن الأكسجين والهيدروجين. ويعني ذلك أن التيار الكهربائي يعمل على تحليل الماء إلى عناصره الأساسية (الهيدروجين والأكسجين). ويطلق على تلك العملية اسم التحليل الكهربائي. وبواسطة تلك العملية، استطاع العالم الإنجليزي همفري دايفي الذي كان يعمل بالمعهد الملكي بلندن اكتشاف المزيد من العناصر الأخرى عام ١٨٠٧.

أصبح همفري دايفي من رواد علم الكهرباء الجديد. وقد حصل على المال اللازم لبناء بطارية ضخمة مكونة من عدد ٢٠٠٠ زوج من الأقطاب. وعندما قام بتوصيل أطراف تلك

البطارية بزوج من أعمدة الكربون المنفصلين عن بعضهما، أدت الحرارة والطاقة الناتجة إلى انطلاق جزيئات الكربون المتوهجة. وقد تم إطلاق اسم القوس الكهربائي على تلك الجزيئات المتوهجة عام ١٨٠٨. وعلى الرغم من أنها لم تكن المرة الأولى التي يتم فيها الحصول على الضوء من الكهرباء (١٧٠٢)، فإنها كانت المرة الأولى المفيدة.

هكذا، امتد تأثير التيار الكهربائي الذي اكتشفه العالم فولتا عام ١٧٩٦ إلى جميع مجالات الحياة مثل التكنولوجيا الحديثة الفعالة، بالإضافة إلى اكتشاف الأدوات الجديدة لدراسة خواص المادة. كما تم استخدام الكهرباء لتوليد مجال مغناطيسي بعد ذلك بفترة قصيرة (١٨٢٠). وبالتالي، أدى ذلك إلى توليد القوة الكهرومغناطيسية، وبعد ذلك، تم اختراع التلغراف الإليكتروني ثم التليفون.

بحلول عام ١٨٣١، تم استخدام أول محرك كهربائي لتشغيل التيار الكهربائي في الآلات الميكانيكية كبديل عن المحرك البخاري. بالإضافة إلى ذلك، أدى اختراع المصباح الكهربائي عام ١٨٨٢ إلى نشر الكهرباء في العديد من المجتمعات المتطورة. كما أدت التجارب التي تم خلالها تمرير التيار الكهربائي خلال الغازات عام ١٨٥٤ إلى اكتشاف أشعة إكس عام ١٨٩٥، ثم اكتشاف غاز النيون وجميع المواد الإليكترونية الأخرى والتليفزيون. وبنهاية هذا القرن، استطاع العلماء إلقاء نظرة على الوحدة الأساسية للشحنات الكهربائية عام ١٨٩٧.



١٨٠١ - ١٨٥٠

أوضاع العالم في تلك الفترة

في عام ١٨١٥، وبعد مرور ٢٥ عامًا على الصراع القائم بين فرنسا والقوى الأخرى (بريطانيا والنمسا وروسيا وبروسيا) والتي انتهت إثر معركة ووترلو، أسست الهيئة التشريعية العليا الحالية في فيينا نظامًا سياسيًا محافظًا ساعد على إيقاف الحرب لعقود عدة. ولكن، لم تكن أوروبا حينئذ تتمتع بجو يسوده السلام. ففي عام ١٨٣٠ أو بالتحديد في عام ١٨٤٨، طالبت الثورات المندلعة في العديد من العواصم الأوروبية بإجراء إصلاحات سياسية واجتماعية بما فيها الحكومة الدستورية. فتمت الإطاحة بالعديد من الحكام.

تزعمت بريطانيا – التي كانت لها سيادة كبرى آنذاك – أوروبا في إحداث التغيرات السياسية والاجتماعية. ومن هذه التغيرات إصلاح البرلمان وتعزيز حق التصويت (١٨٣٢) وإلغاء تجارة الرقيق (١٨٣٤) وتوسيع التجارة الحرة (١٨٤٦). ساعد هذا التقدم في القضاء على الكثير من أشكال الظلم وعدم المساواة بما في ذلك ظروف المعيشة الصعبة في المدن المكتظة نتيجة لنمو الصناعة.

لقد أعيد رسم خريطة أوروبا شيئًا فشيئًا. ففي عام ١٨٣٤، شكلت ألمانيا اتحاد الجمارك وهي لا تزال تحت حكم دولة بروسيا ممهدة بقرب إنشاء الاتحاد السياسي. واستقلت اليونان عن تركيا التي أصيبت بحالة من التدهور (١٨٢٩) وأصبحت بولندا مقاطعة تابعة لروسيا (١٨٣٢) وانفصلت كل من بلجيكا ولوكسمبورج عن هولندا (١٨٣٩).

تجمعت الدول الأوروبية في صورة إمبراطوريات خارجية؛ حيث برزت كل من بريطانيا وفرنسا في أفريقيا وآسيا ودول المحيط الهادئ. بدأت السيطرة الأسبانية على الأمريكتين في الضعف شيئًا فشيئًا. ففي عام ١٨٠٤، ساهم إقليم لويزيانا الواقع تحت سيطرة الأراضي الفرنسية في توسيع حكم الولايات المتحدة إلى حد كبير شمالاً وغربًا. وساعدت أيضًا الصراعات التي نشبت بعد ذلك مع دولة المكسيك، والتي تحررت من الحكم الأسباني، في ضم كل من ولايتي تكساس وكاليفورنيا (التي كانت مصدرًا من مصادر الذهب الرئيسية في عام

١٨٤٩). أما في أيرلندا، أدت إصابة محاصيل البطاطس في الفترة من ١٨٤٥ إلى ١٨٤٦ بأحد أنواع الفطريات الفتاكة إلى انتشار المجاعة وإحداث هجرة عظيمة وبخاصة إلى "العالم الجديد".

فنون وأفكار

بعد الإطاحة بالملكية الفرنسية، تم استبدال أسلوب الركوك المبهرج في الفن والزخرفة والذي كان يعد الأسلوب المفضل لنظم الحكم القديمة لتحل محله الأساليب "الكلاسيكية" التي كانت تقوم عليها الأشكال اليونانية والرومانية - الأمر الذي أظهرته أعمال الحفر والتنقيب عن الآثار في مدينة بومباي - وأيضًا الأساليب الأكثر واقعية التي تكشف عن الأحوال الاجتماعية وحالة عدم تحمل المسئولية التي التصقت بالحكومات آنذاك. صور ترنر معظم المشاهد الطبيعية في إنجلترا؛ حيث كان متنبهًا لتأثير الثورة الصناعية وبخاصة ظهور السكك الحديدية.

تحول أسلوب الموسيقى من الاتجاه الكلاسيكي إلى الاتجاه الرومانسي. وتمثل هذا التحول في أعمال الموسيقيين الألمانيين بيتهوفن و فرانز شوبرت. اشتملت قائمة مؤلفي الموسيقى البارزين في منتصف هذا القرن كلاً من برلييوز في فرنسا وشوبان في بولندا وجلينكا في روسيا ومن ألمانيا مندلسون وشومان وأخيرًا فون فيبر. اتجه الإيطاليون روسيني ودونيزيتي وبليني وفيردي إلى كتابة الأوبرا ومعهم المؤلف الفرنسي الأصل ميربير. أصبح "العازفون المنفردون" المتألقون أمثال عازف الكمان باجانيني وعازف البيانو فرانز ليست من الرموز البارزة الشهيرة في ذلك الوقت. وأصبحت الحفلات الموسيقية في متناول طبقات الشعب كافة بدلاً من اقتصارها على الحاشية الملكية والنبلاء في حفلاتهم.

جمع الأخوان الألمانيان جريم الحكايات الشعبية والقصص الخيالية كما فعل الدانمركي هانز كريستيان أندرسن. تطرقت الرواية التي كتبتها الكاتبة ماري شلي، عام ١٨١٧ بعنوان Frankenstein، إلى التجارب الكهربائية الحيوانية التي قام بإجرائها لويجي جالفاني. نشر كازانوفا مذكراته، ثم ظهرت أول نسخة لقاموس Webster. كان إصدار كتاب Book of Mormon البداية لإنشاء الكنيسة الجديدة. وأخيرًا، كشف الفيلسوف الألماني فردريك آنجلز النقاب عن أحوال الطبقات الكادحة في إنجلترا عام ١٨٤٥ في كتبه ومقالاته وشاركه مواطنه كارل ماركس في إصدار كتاب The Communist Manifesto.

أصبح للأشكال الأدبية الرئيسية الكثير من ممثليها، ففي مجال الشعر برز من إنجلترا كل من ووردزوورث وكيتس وشلي وبايرون، ومن أمريكا برز كل من لونجفيلو وبو ومن ألمانيا جوته وهاين وأخيرًا برز من روسيا الشاعر بوشكين. وتضمنت قائمة الروائيين البارزين كلاً من جين أوستن وتشارلز ديكنز وأخوات برونتي في إنجلترا، بالإضافة إلى سكوت في اسكتلندا وكذلك ساند وستندال في فرنسا وهوثورن وكوبر في أمريكا. جدير بالذكر أنه مع تقدم تكنولوجيا الطباعة، أصبحت الصحف اليومية والأسبوعية أرخص وأكثر تنوعًا.

الذرات والخلايا والعظام

بدأت مجالات متعددة في إطار الاستكشاف العلمي - كانت منفصلة عن بعضها البعض سابقًا - في الاتحاد وخدمة كل منها الآخر. درس العلماء كيفية تحديد العناصر الكيميائية من خلال الضوء المنبعث منها. لعبت الكهرباء دورًا محوريًا في اكتشاف العناصر الكيميائية الجديدة. وأُثيرت الشكوك حول أن جميع التفاعلات الكيميائية هي في الأصل تفاعلات كهربائية. ساعد الإدراك الأفضل لخصائص الضوء العلماء في اكتشاف سر عملية التخمر والتي في أثنائها تقوم الكائنات الحية بإتمام التفاعلات الكيميائية. أصبح حد التمييز بين ما هو حي وما هو غير حي مشوشًا، مما سمح بظهور العلم الذي سيعرف فيما بعد بالكيمياء الحيوية.

صِيغت المصطلحات الحديثة بتأنٍ واضح، مما سمح "للعلماء" (تجدر الإشارة هنا إلى أن كلمة "العلماء" نفسها كانت في حد ذاتها أحد المصطلحات الحديثة إلى جانب الجيولوجيا والبيولوجيا) بوصف قائمة الظواهر الحديثة المتزايدة بشكل مطلق. ساعدت النظريات والمفاهيم الحديثة الرئيسية في فهم وإدراك المشاهدات العلمية وأشارت أيضًا إلى الوحدة الضمنية والأساسية مع الطبيعة. شكّلت "النظرية الذرية" جزءًا أساسيًا في تقدم علم الكيمياء. أما "نظرية الخلايا"، فقد أوضحت التركيب المشترك لجميع الكائنات الحية. وأظهرت النظرية التي تفيد بحدوث التغيير الجيولوجي التدريجي لسطح الأرض أنه من الممكن تفسير الماضي من خلال الحاضر.

لقد تم الربط بين الكهرباء والمغناطيسية فضلاً عن ربط كليهما بالضوء. أثبتت الأشكال المختلفة للطاقة أنها قابلة للتحويل عند "معدلات ثابتة للتحويل" على الرغم من عدم إمكانية تحويل المقدار الكلي للطاقة. لقد قدم العلماء البرهان القاطع على حتمية حركة الأرض واكتشفوا المسافة التي تبعدها النجوم عن الأرض والسبب في وجود مدارات لكوكب زحل، وتوصلوا أيضًا إلى أن أقصى درجة لبرودة الجسم هي "الصفر المطلق". كذلك، فقد توصل العلماء إلى وجود الأشعة فوق البنفسجية واكتشفوا أيضًا أن قطران الفحم لا يعد شكلاً من أشكال النفايات فحسب، وأن النظام الشمسي يحتوي على ثمانية كواكب رئيسية والكثير من الكواكب الأخرى الصغيرة.

لقد أصبح التاريخ المعقد لكوكب الأرض أكثر وضوحًا شيئًا فشيئًا. فقد أشارت عظام "الديناصورات" والمخلوقات الأخرى أن الماضي يختلف كثيرًا عن الحاضر. واتفقنا جميعًا الآن على انقراض بعض من أشكال الحياة على الأرض (وحاولنا البحث في الأسباب وراء حدوث ذلك). وكثرت الأدلة على حدوث تغيرات كبيرة في المناخ - العصور الجليدية مثلاً - في العصور الماضية.

بالنسبة للشخصيات البارزة في ذلك الوقت، من الصعب إغفال الباحث الإنجليزي مايكل فاراداي الذي يعتبر خارج أي نطاق للمقارنة على الرغم من بدء كل من لويس باستور وتشارلز داروين لتجاربهما في منتصف هذا القرن. كان المعهد الملكي الذي يرأسه فاراداي لعدة أعوام بمثابة نوع جديد من الأماكن المخصصة التي يعمل فيها العلماء في مقابل مبلغ من المال لإجراء عمليات البحث فحسب وإعلام الجمهور بنتائج البحث.

إسهامات جون دالتون في مجال الاكتشافات العلمية

١٨٠١

اشتهر اسم الإنجليزي جون دالتون في مجال العلوم وكان بحق أهلاً لهذه الشهرة. عاش دالتون معظم حياته يعمل كمدرس في مدينة مانشستر، وكان يؤجل عملية البحث إلى وقت الفراغ. كانت دراسة حالة الجو هي شغله الشاغل طوال حياته حتى أنه سجل بعض الملاحظات التي وصلت إلى ٢٠٠٠٠٠ ملاحظة في مذكراته اليومية. ولكن للأسف دمرت قنابل الحرب العالمية الثانية سجلاته التي تم

الاحتفاظ بها لفترة تزيد عن القرن. كان دالتون مصابًا طوال حياته بعمى الألوان الذي تم تشخيصه لأول مرة عندما كان في السادسة والعشرين من عمره.

نتيجة لاستغراقه الكامل في دراسة حالة الجو، اهتم دالتون أيضًا بالغازات مثل الهواء وبخار الماء. قَدم في عام ١٨٠١ أول إسهاماته في مجال العلوم ألا وهو قانون الضغوط الجزئية ونصه: عند مزج نوعين من الغازات، فإن الضغط الخاص بهذا المزيج هو مجموع ضغط كلا الغازين كل منفصل عن الآخر. وقد لاحظ دالتون أيضًا أن ضغط بخار الماء على أي سائل في وعاء مغلق يزيد عندما تزداد حرارة السائل. وأوضح علماء آخرون أن السائل يصل لحالة الغليان عندما يتساوى ضغط بخار الماء مع ضغط الهواء المحيط.

نتيجة لاهتمام دالتون بالهواء وعناصره، حدث تقدم طبيعي "للنظرية الذرية" الخاصة به التي نشرت في عام ١٨٠٨ والتي كانت السبب الرئيسي في شهرته. لقد اعتبر دالتون هذه النظرية تفسيرًا موجزًا وطبيعيًا للطريقة التي تتركب بها المواد كيميائيًا. ذاعت شهرته حتى أدت به إلى أن يصبح عضوًا في الجمعية الملكية والأكاديمية الفرنسية وأن يتم منحه معاشًا حكوميًا ولكنه استمر في مجال التدريس.

لم يتزوج دالتون على الإطلاق، ونادرًا ما كان يبعد عن مدينة مانشستر. توفي دالتون إثر إصابته بسكتة دماغية في عام ١٨٤٤. سار ٤٠٠٠٠٠ شخص في جنازته، وامتد موكب الجنازة لمسافة ٢ كيلو متر. وبناءً على طلبه، تم تشريح جثته لتحديد سبب إصابته بعمى الألوان والذي سُمي أحيانًا بالدالتونية نسبةً له. والنتيجة أنه لم يتم العثور على أي عيوب في عينيه. ولكن بعد حوالي ١٥٠ عامًا، تم حفظ إحدى مقلتي عينيه في المعهد الملكي لتخضع لاختبار الحامض النووي DNA حتى يتضح تفسير فقد الحساسية الوراثي للضوء الأخضر. ← ١٨٠٨



إسهامات همفري دايفي في مجال العلوم

١٨٠١

كان همفري دايفي ابنًا لنحات خشب فقير من مقاطعة كورنوول في إنجلترا توفي عندما كان همفري دايفي في السادسة عشر من عمره. ولكن اعتمادًا على موهبته واجتهاده، صار همفري دايفي شخصية رائدة في مجال العلوم في أوائل القرن التاسع عشر؛ حيث بدا نشاطه واضحًا في العديد من المجالات. فقد عمل دايفي كمساعد جراح وصيدلي كي يعول أسرته. وتحول بعد ذلك إلى دراسة الكيمياء بعد أن قرأ كتاب أنطوان لافوازييه ١٧٨٩.

ذاعت شهرة دايفي لأول مرة قبل أن يتم العشرين من عمره عندما كان يجعل من نفسه حقلاً للتجربة (والخطير في الأمر أنه استمر طيلة حياته يجري التجارب على نفسه)؛ حيث كان يجرب غاز أكسيد النيتروز على نفسه. فقد كان استنشاق هذا الغاز يؤدي إلى الإصابة بحالة من التسمم وتخدير الآلام - بالرغم من تسميته بالغاز المضحك. حاول دايفي أن يبرهن أن هذا الغاز يمكن استخدامه كمخدر في الجراحات الأقل خطورة وفي طب الأسنان. لم يلقَ هذا الاقتراح أي اهتمام إلا بعد مرور أكثر من ٤٠ عامًا حينما ذاعت شهرة الغاز المضحك وأصبح أحد الطقوس الضرورية في الحفلات الأنيقة.

جاء دخول دايفي إلى المجتمع العصري في عام ١٨٠١ من خلال توليه لمنصب محاضر في المعهد الملكي الذي تم تأسيسه مؤخرًا في لندن (١٧٩٨). في ذلك الوقت، قام دايفي بالبحث والتعمق في مجال العلوم وسرعان ما أصبح أستاذًا في علم الكيمياء وبعد ذلك مديرًا لذلك المعهد. كذلك، فقد ابتكر التقليد الذي صار نهجًا لأكثر من ١٠٠ عام وهو عرض النتائج التي تم التوصل إليها من البحث في مجال العلوم أمام الجمهور من الرجال والنساء في أثناء الحفلات الليلية. وسرعان ما صار هذا التقليد جزءًا لا يتجزأ من أنشطة الحياة الاجتماعِية.

قدم دايفي العديد من الاكتشافات المهمة بما يتضمن ذلك اكتشافاته في مجال الكيمياء الكهربائية (١٨٠٧) وتصحيح زعم أنطوان لافوازييه (١٧٧٥) بأن جميع الأحماض تحتوي على أكسجين. كذلك، فقد كان دايفي مخترعًا بدرجة كبيرة؛ حيث إن اختراعه لمصباح الأمان المستخدم داخل المناجم في حوالي عام ١٨١٥ كان السبب الرئيسي في شهرته بين الناس. لكنه لم يكن مجربًا حذرًا ومجتهدًا،وقد تفوق عليه بالفعل مايكل فاراداي (١٨١٣)

الذي كان يعمل مساعدًا له - في مجال العلوم وغيرها من شئون الحياة اليومية. كان دايفي ينظر إلى البارع فاراداي - الذي ينحدر من أصل متواضع مثله - على أنه "أعظم اكتشافاته"، على الرغم من اعتراضه على انتخاب فاراداي في الجمعية الملكية مرتين.

> **يرتبط التقدم في العلوم الطبيعية ارتباطًا وثيقًا بازدهار المرء وتقدمه بما يفوق عادةً تخيل أي من عقول البشر. فإنك تدين للفلسفة التجريبية بأكثر المزايا المهمة والفريدة في عالمنا اليوم. لا يرجع الفضل في هذا التقدم وأفضلية الحياة الكريمة للشخص في الأساس إلى الغزو الأجنبي بصورة رئيسية، ولكنه يرجع إلى تدخل الطبيعة داخل الوطن الذي تعيش فيه.**
>
> **همفري دايفي**

نال دايفي الكثير من أوسمة الشرف. فقد حصل على زمالة الجمعية الملكية عندما كان عمره لا يتعدى ٢٥ عامًا ثم أصبح رئيسًا لها بعد ذلك لمدة ثلاثة أعوام. كذلك، فقد حصل على لقب فارس عام ١٨١٢ أي قبل ثلاثة أيام من زواجه من أرملة ثرية. لقد استمتع بشهرة واحترام بين الجميع إلى جانب استمتاعه بحياة كريمة. وقبل أن يتجاوز ٤١ من عمره، توفي دايفي في إطار من الجدل حول سبب الوفاة والذي قد يكون بسبب التأثيرات المتراكمة عن إجراء التجارب على نفسه على مدار أعوام عدة. ← ١٨٠٧

إسهامات جيوزيبي بياتزي في مجال علم الفلك

١٨٠١

زاد عدد كواكب النظام الشمسي عند اكتشاف كوكب آخر في عام ١٨٠١. فقد تمكن وليم هيرشل من اكتشاف أحد الكواكب الجديدة وهو كوكب أورانوس قبل ذلك الوقت بحوالي ٢٠ عامًا (١٧٨١). اتسم هذا الكوكب الجديد بشيء من الخصوصية، حيث إنه يعد الأول ضمن مجموعة تضم الكثير من الكواكب (في الواقع آلاف من الكواكب) التي تم اكتشافها في المنطقة نفسها التي توجد فيها الشمس.

وقد ثبت أنه صغير للغاية مقارنة بالكواكب التسعة الأخرى. وكان وجود مثل هـذا الكوكـب أمرًا متنبأ به، فقد عثر هيرشل عليه بالمصادفة.

لأول مرة في عام ١٧٦٦ وضع الألماني جوهان تيتس في مدينة ويتنبورج القانون الذي يحمـل اسمه. ثم بذل جوهان بود، مدير مرصد بـرلين، جهـدًا في تعميمـه إلى أن عُـرف بقـانون بـود. يعتمد هذا القانون على سلسلة من الأرقام كما هو موضح في الجدول القادم. وبالنـسبة لكـل مـن تيتس وبود، تعكس هذه الأرقام المسافات التي تبعدها هذه الكواكب المتنوعة عن الشمس (علـى الأقل الكواكب التي كانت معروفة آنذاك) بالوحـدات الفلكيـة (المـسافة الـتي يبعـدها كوكـب الأرض عن الشمس). لقد اصطفت الأرقام على نحو عجيب وزادت شهرة كل من تيـتس وبـود وذاع صيتهما مرةً أخرى بعد اكتشاف كوكب أورانوس الذي يبعد عـن الـشمس بحـوالي ١٩,٢ وحدة فلكية (حيث كانت المسافة المتنبأ بها هي ١٩,٦).

من الواضح أن ثمة شيئًا مفقودًا بين كوكبي المريخ والمـشترى ربمـا يكـون أحـد الكواكـب الذي لم يتم اكتشافه بعد. لذا، بدأ البحـث مـن جانـب علمـاء الفلـك، فاكتـشف الإيطـالي جيوزيبي بياتزي بقعة متوهجة تُسمى بالنجيم الكبير سـيريز في عـام ١٨٠١. لكنـه في واقـع الأمر لم يكن يبحث عن كوكب جديد، ولكن النجيم الكبير سيريز كـان واضحًا مـن خـلال الشق عند ٢,٨ وحدة فلكية. وقد وجد العديد من الأجـسام الأخـرى بمنطقـة ليـست ببعيـدة بدءًا من كويكب بالس في عام ١٨٠٢. وفي غضون بضعة عقود، تم التعـرف علـى الكـثير مـن الكويكبات والتي كانت تبـدو وكأنهـا بقايـا لكوكـب عمـلاق ربمـا كـان يـدور في مـدار بـين المشترى والمريخ ثم تحطم وتحول إلى أجزاء صغيرة. كانت هذه "الكواكب" صـغيرة جـدًا بـلا شك. فلم يتعد حجم أي منها حجم النقطة ما إذا رأيتها مستخدمًا أفضل أنواع التليسكوبات المتاحة في عالمنا اليوم، لدرجة أن هيرشـل اعتقـد أن قطرهـا يبلـغ بـضع مئـات مـن الكيلـو مترات فحسب. وأطلق عليها اسم الكويكبات الـسيارة ذلـك لأنهـا تـشبه النجـوم ولا زالـت تُسمى بهذا الاسم حتى وقتنا هذا.

الكواكب		
قانون تيتس- بود	**المسافة الفعلية (بالوحدات الفلكية)**	**الكوكب**
٠,٤	٠,٣٩	عطارد
٠,٧	٠,٧٢	الزهرة
١,٠	١,٠٠	الأرض
١,٦	١,٥٢	المريخ
٢,٨		
٥,٢	٥,٢٠	المشترى
١٠,٠	٩,٥٤	زحل
١٩,٦	١٩,١٩	أورانوس
٣٨,٨	٣٠,٠	نبتون
٧٧,٢	٣٩,٥	بلوتو

يبدأ قانون تيتس- بود بسلسلة الأرقام التالية: ٠ و٣ و٦ و١٢ و٢٤ و٤٨ و٩٦ و١٩٢ و٣٨٤ و٧٦٨.
نجد فيما بعد الرقم الثاني أن الأرقام تأتي ضعف الذي يسبقها.
إذا قمت بإضافة ٤ لكل رقم من هذه الأرقام ثم قسمتها على ١٠، فإنك ستحصل على الأرقام الموجودة بالجدول بأعلى. تتم مقارنة هذه الأرقام مع المسافات الفعلية لهذه الكواكب في النظام الشمسي، مما يسمح بإمدادنا بالوحدات الفلكية. (وهي المسافة التي تبعدها الأرض عن الشمس).

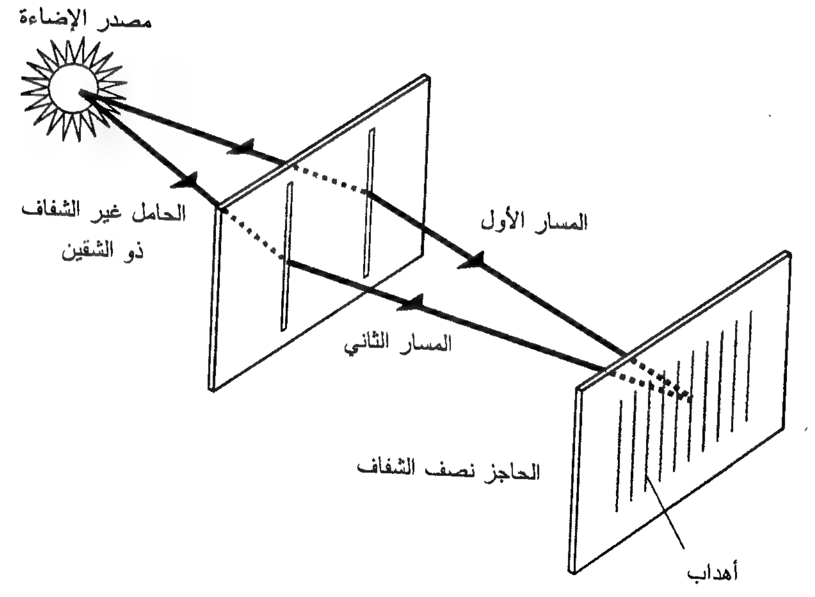
شجع قانون تيتس–بود بدء البحث في هذا الصدد ولكن ليس هناك سبب محدد يثبت صحة هذا القانون. حتى أن الكويكبات السيارة لا تتفق بالفعل مع هذا القانون منذ أن كانت المسافات التي تبعدها هذه الكويكبات تتراوح من ٢,١ إلى ٣,٥ وحدة فلكية، على الرغم من أن المعدل يقترب من الصحة. لا يبدو هذا القانون منطبقًا على كوكبي نبتون وبلوتو، وينظر إليه الآن على أنه مجرد مصادفة جديرة بالملاحظة والانتباه.

إسهامات توماس يونج في مجال دراسة الضوء

١٨٠١

تعد تجربة "الشق المزدوج" التي ذكرها لنا الباحث الإنجليزي توماس يونج في عام ١٨٠١ واحدة من التجارب الأكثر شهرة والتي ذاع صيتها على مدار ٢٠٠ عام فيما بعد. لم تكن هذه التجربة تجربة مبتكرة برمتها، فقد قام الإيطالي فرانسيسكو جريمالدي بتنفيذ تجربة مشابهة لها في عام ١٦٦٥. وكانت النتائج بالنسبة له - كما هي بالنسبة للعالم يونج - بمثابة حجة قوية على فكرة أن الضوء يمكن التعبير عنه بشكل أفضل في صورة حركة موجية - مثل الموجات في بحيرة ما - وليس في صورة سلسلة من الجسيمات، تلك النظرية التي كانت رائجة بين عامة الناس في ذلك الوقت وكانت تتمتع بشيء من الدعم من جانب المخترع إسحاق نيوتن.

يمكن لأي شخص تنفيذ مثل هذه التجربة. قم فقط بإعداد مصدر للضوء وحاجز يسقط عليه هذا الضوء. وقم بوضع حامل غير شفاف بين مصدر الضوء والحاجز مع عمل شقين به للسماح بمرور الضوء من خلالهما. قم بتغطية أحد الشقين، وسيظهر على الشاشة شعاع منير ضيق نتج عن الضوء المار من خلال الشق الآخر. بالكشف عن كلا الشقين، سيظهر بالتالي شيء ما مختلف تمامًا. سيمتد عبر الحاجز شكل من أشكال الضوء والأشعة المظلمة (التي يطلق عليها أحيانًا اسم "أهداب"). ذهب يونج وآخرون إلى أن النظرية التي مفادها أن الضوء عبارة عن جسيمات غير قادرة على توضيح ذلك، في حين أن النظرية التي مفادها أن الضوء يوجد في صورة موجات هي الأقرب في تفسير ذلك بسهولة بالغة.



إن الأشعة الضوئية المارة من خلال الشقين في الحاجز غير الشفاف تتداخل مع بعضها البعض عندما تصل إلى حاجز العرض ليترتب عن ذلك رؤية "أهداب" مضيئة ومظلمة.
إذا اختلف طولا المسار الأول والمسار الثاني بمقدار نصف طول موجي (أو بمقدار واحد ونصف أو اثنين ونصف من الطول الموجي وهكذا). كلا الشعاعين يلغي كلاً منهما الآخر (تتوافق قمة إحدى الموجات مع منخفض الموجة الأخرى) ويصبح الحاجز مظلمًا. إذا كان الفارق يمثل عددًا صحيحًا للأطوال الموجية، فستدعم كلتا الموجتين كل منهما الأخرى وينتج عنهما الهدب المضيء.
أثبت يونج مستخدمًا هذه التجربة طبيعة الضوء الموجية كما أنه استطاع قياس الطول الموجي للضوء.

يجري التفسير على هذا النسق؛ حيث إن الضوء الساقط على نقطة ما على الحاجز سيقطع مسافات مختلفة قليلاً من كل شق من الشقين. ستتفاعل هاتان الموجتان الضوئيتان (أو "تتداخل") وتأتي النتيجة اعتمادًا على ما إذا تلاقت قمتا هاتين الموجتين (أي أنهما وصلا في وقت متزامن) أو ما إذا تلاقت قمة إحداهما مع منخفض الأخرى أو ما يشبه ذلك. إن الموجات الضوئية التي تصل في وقت متزامن تعمل على تقوية بعضها البعض، وستلاحظ ظهور نقطة أو خط مضيء. ستحذف قمة الموجة ومنخفض الموجة كل منهما الأخرى ويصبح الحاجز حينئذ مظلمًا. أما ما يقع بينهما ينتج عنه ظلال متنوعة من اللون الرمادي.

لذا، فتجربة "الشق المزدوج" تعد بالفعل تدعيمًا قويًا لنظرية الموجات الضوئية. غير أنه ما زال يوجد المزيد. ستأتي هاتان الموجتان الضوئيتان في وقت متزامن إذا اختلفت المسافة التي انتقلتا خلالها "أي طول مسارات هاتين الموجتين" بمقدار واحد بالضبط أو أكثر من الأطوال الموجية (المسافة بين قمة إحدى الموجتين والأخرى). لذا، فإن المسافة التي تفصل بين الأهداب والأبعاد الأخرى للأدوات المستخدمة تسمح لنا بحساب الطول الموجي للضوء. يقل هذا الطول إلى أن يصبح قصيرًا للغاية أي إلى أقل من جزء من المليون من المتر.

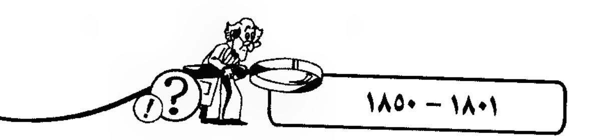
تمكن يونج من رؤية ألوان قوس قزح في هذه الأهداب كما رآها جريمالدي من قبله. كان تفسير يونج لتلك الألوان سهلاً وبسيطًا. وهو أن الألوان المختلفة للضوء لها أطوال موجية متفاوتة، فالموجات البنفسجية اللون تقدر بنصف طول الموجات الضوئية حمراء اللون. لذا، فالأهداب المضيئة والمظلمة للألوان المختلفة تسقط في أماكن مختلفة بعض الشيء، مما يساعد على انتشار الألوان في سلسلة ألوان الطيف كما يفعل المنشور (١٦٧٢).

إسهامات جوهان ريتر في دراسة الأشعة فوق البنفسجية

١٨٠٢

كان جوهان ريتر في جامعة جينا في بولندا، مستغرقًا في تطوير تكنولوجيا البطاريات لكي ينتج الكهرباء ويخزنها في الوقت الذي ذاعت فيه الأخبار التي تؤكد بأن عالم الفلك الإنجليزي وليم هيرشل اكتشف شكلاً جديدًا من أشكال الطاقة (١٨٠٠). بعد أن لاحظ ريتر أن "الأشعة الحرارية" غير مرئية وتنتشر في نطاق خارج الطرف الأحمر في سلسلة ألوان الطيف الخاصة بضوء الشمس (١٦٧٢)، بدأ يتساءل ما إذا كان هناك نوع آخر غير معروف من الأشعة يتخفى في الظلام فيما وراء الطرف البنفسجي أيضًا.

استخدم هيرشل الترمومتر في عملية البحث عن الأشعة لأنها أشعة ترتبط بالحرارة. أما ريتر، فقد استفاد من المركب الكيميائي كلوريد الفضة الذي يتخذ اللون الأسود عند تعرضه للضوء (من هذا المنطلق بدأت تكنولوجيا التصوير الفوتوغرافي). وكما فعل هيرشل، فقد قام بتكوين سلسلة من ألوان الطيف بداية من اللون الأحمر وحتى البنفسجي مستخدمًا المنشور، ثم قام بوضع مقدار ضئيل من كلوريد الفضة تحت كل لون من هذه الألوان. تحولت النقاط



جميعها إلى اللون الغامق ولكن النقاط القريبة من اللون البنفسجي لهذه السلسلة من ألوان الطيف أصبحت أكثر قتامة وبصورة أسرع بكثير من مثيلتها القريبة من اللون الأحمر.

بعد ذلك، قام بوضع كلوريد الفضة في المنطقة المظلمة فيما وراء المنطقة البنفسجية المرئية. وقد تأكد تمامًا أنها تحولت إلى اللون الأسود أسرع من أي من الألوان المرئية. لذا، فثمة شكل من أشكال الأشعة الضوئية موجود في هذه المنطقة لا يمكن أن تتنبأ به العين البشرية ولكنه قادر على إحداث بعض التغيرات.

أطلق ريتر على الأشعة الضوئية التي توصل إليها اسم "الأشعة الكيميائية" على غرار الطريقة التي اكتشفها بها. أما الآن فإننا نطلق عليها اسم "الأشعة فوق البنفسجية"، في حين يُطلق اسم "الأشعة تحت الحمراء" على "الأشعة الحرارية" التي اكتشفها هيرشل. يرجع أصل هذه الأسماء إلى العمل الذي قام به توماس يونج في عام ١٨٠١ مع تجربة "الشق المزدوج". فقد توصل يونج إلى أن الطول الموجي للأشعة الضوئية البنفسجية أقصر؛ وبالتالي، فإنها ذات تردد أعلى من الأشعة الحمراء. يعني هذا الأمر أن الأشعة التي اكتشفها ريتر لا زالت ذات تردد أعلى؛ لذا، فهي "فوق البنفسجية". وباتباع التفسير نفسه، نجد أن أشعة هيرشل تكون "تحت الحمراء".

على مدار المائتين عام التاليين، تم التوصل إلى مدى التأثير الناتج عن الأشعة فوق البنفسجية. فقد توصل العلماء إلى أن الأشعة فوق البنفسجية التي يحملها ضوء الشمس تعمل على تنشيط إفراز فيتامين (د) في الجلد (١٩٠٦)، ولكنها في الوقت نفسه تسبب حروق الشمس وسرطان الجلد ويمكن أن تحدث طفرات جينية في الكائنات الحية - تمامًا مثل تأثير أشعة إكس (١٩٢٦). إن الطاقة الناتجة عن هذا النوع من الأشعة قادرة على تحليل المركبات الكيميائية والألوان الباهتة والمواد الضعيفة. لذا، فقد ساد الشعور بالخوف في عام ١٩٧٣ عندما كان هناك خوف من إمكانية تعرضنا للمزيد من هذه الأشعة.

إسهامات جوزيف بروست في مجال علم الكيمياء

١٨٠٤

عاش الكيميائي الفرنسي جوزيف بروست في أسبانيا في أواخر القرن الثامن عشر أي بعيدًا عن أشكال التطرف والخطر الناجمة عن الثورة الفرنسية. وقام فيما بين عامي ١٧٩٧ و١٨٠٤ على نحو حذر بتسخين المعادن مثل الحديد

والنحاس والرصاص والقصدير والزئبق حتى يمكنها الاتحاد مع الأكسجين ثم يقوم بحساب نسبة الأكسجين التي يمكن استيعابها. توصل جوزيف بروست إلى أن نسبة كميات الأكسجين والمعدن في الأكسيد المتكون دائمًا ما تكون نسبة متماثلة أو ربما واحد من اثنين أو ثلاثة فقط من الأرقام الثابتة. فالمركب المتكون من الأكسجين والحديد يحتوي إما على ٢٧٪ أو ٤٨٪ من الأكسجين وليس أي عدد آخر بين كلتا النسبتين. ثمة شكلان فحسب من أشكال أكسيد النحاس؛ حيث يحتوي على نسبة الأكسجين قدرها ١٨٪ أو ٢٧٪ فقط لا غير.

سميت هذه النتائج في ذلك الوقت باسم قانوني بروست، وهما معروفان الآن باسم قانوني النسب الثابتة والنسب المتضاعفة، ويبدو أن هذين القانونين يعتبران على قدر من البساطة والوضوح. ولكن، وقع على عاتق بروست الكفاح من أجل أن يجعل أفكاره مقبولة من قِبل زملائه الذين لا يتواءمون مع الأفكار الجديدة في علم الكيمياء. كان مواطنه كلود بيرتوليه، الباحث البارز وزميل العظيم لافوازييه (١٧٨٧) واحدًا ممن نزعوا إلى الشك في صحة هذين القانونين. فهو يعتقد في أن نسبة كل عنصر من العناصر في أحد المركبات تعتمد على الطريقة التي يتشكل بها هذا العنصر وادعى بأنه يمتلك الدليل على هذا التفاوت.

اشتد الجدل القائم بين بروست وبيرتوليه حول هذا الرأي، ولكن ازدادت المساندة التي تدعم رأي بروست. كرر الكثير من الباحثين الآخرين تنفيذ مثل هذا البحث. فقد أوضح الألماني جيرمي ريختر بالفعل أن الأحماض والقلويات دائمًا ما تتفاعل معًا بنسب ثابتة، مما يعني أن الأملاح الناتجة لها تركيب ثابت. إن المعادن التي يتم جمعها من الطبيعة لها تركيب مماثل للمركبات نفسها التي يتم تحضيرها في المعمل. ويمكن إنتاج بعض المركبات بعدة أساليب ولكن يظل التركيب كما هو وذلك عكس ما يتوقعه بيرتوليه.

انتهى هذا الجدل تمامًا بحلول عام ١٨٠٥ بصدارة رأي بروست واتخاذ خطوة عظيمة للأمام في علم الكيمياء. ترتب على هذا القانون نتيجتان هما: أن مفهوم كلمة "مركب"، التي يعود تاريخها إلى روبرت بويل عام ١٦٦١، أصبح أكثر دقة عن ذي قبل، كما أن التركيب الثابت هو عبارة عن أسلوب آخر من أساليب التمييز بين المركبات والمخلوطات. كذلك، فقد حظيت تلك النظرية التي سرعان ما عرفت فيما بعد باسم "النظرية الذرية" والتي توصل إليها جون دالتون (١٨٠٨) بالدليل الحيوي لها.

قانونا الاتحاد الكيميائي

اتخذ جون دالتون من هذين القانونين دليلاً قويًا على النظرية الذرية الخاصة به (١٨٠٨).

قانون النسب الثابتة: دائمًا ما يحتوي مركب محدد على العناصر نفسها وبالنسبة نفسها وزنًا.

قانون النسب المتضاعفة: في حالة اتحاد عنصرين ليشكلا بذلك أكثر من مركب، فإن الأوزان المختلفة لعنصر واحد التي تتحد مع الوزن الثابت للعنصر الآخر دائمًا ما تكون ذات نسبة بسيطة.

إسهامات لوك هووارد وفرنسيس بوفورت في دراسة الرياح والسحب

١٨٠٦

كان المراقبون لحالة الجو يمتلكون قديمًا الأدوات والنظم التي يحتاجون إليها لوصف حالة الجو. من بين هذه الأدوات: مقياس كمية الأمطار والبارومتر لقياس ضغط الجو (١٦٤٣) والترمومتر لقياس درجات الحرارة (١٧٤٢) وجهاز الهيجرومتر لقياس الرطوبة النسبية في الجو (١٧٧٩). ومع ذلك، فقد كانوا يفتقدون بعض الأشياء المتمثلة في الأداة التي تُقَيِّم قوة الرياح نظرًا لأن مقياس سرعة الرياح "الأنيمومتر" لم يكن قد تم اختراعه بعد. استطاع الأميرال الإنجليزي فرنسيس بوفورت تلبية الحاجة إلى مثل هذه الأشياء. فقد ابتكر مقياس بوفورت لسرعة الرياح والمكون من ١٢ درجة في عام ١٨٠٦ ليكون له عونًا في وصف تأثيرات أشكال السرعة المتنوعة للرياح في البحر على البوارج البحرية. امتد استخدام هذا المقياس بعد ذلك ليتضمن وصف تأثير الرياح على اليابسة.

على سبيل المثال، كانت الرياح التي تسجل درجتين بمقياس بوفورت لسرعة الرياح تمثل النسيم اللطيف (ذات سرعة تصل إلى ١٠ كيلو مترات تقريبًا في الساعة بالمقياس الحديث) وهي تلك الرياح التي نشعر بها على الوجوه وتحف الأوراق على الأشجار. أما الرياح تسجل ٦ درجات بمقياس بوفورت فهي تمثل "النسيم القوي" (ذات سرعة تصل إلى ٤٠ كيلو مترًا في الساعة) وتعمل على ترنح الأشجار القصيرة وتتسبب في انتشار بعض الرزاز

على سطح البحر. والرياح التي تسجل ١٠ درجات بمقياس بوفورت، فإنها تمثل "الرياح العاصفة" (ذات سرعة تصل إلى ١٠٠ كيلو متر في الساعة)؛ حيث تقتلع الأشجار ويتلون البحر باللون الأبيض نظرًا لكثرة زبد البحر. يتكون هذا المقياس الآن من ثمانية أقسام ولكنه لا يزال يغطي السلسلة الكاملة لمختلف أشكال الرياح بدءًا من "الرياح الهادئة" وحتى "الإعصار".

قبل ذلك بأعوام قليلة، قام صيدلي آخر إنجليزي يعيش في لندن ويعتبر أحد العلماء الهواة لوك هووارد بإنجاز عمل مشابه لذلك مقدمًا المفردات اللفظية التي تصف الأنواع المختلفة من السحب. فاختار خمس كلمات مأخوذة من اللغة اللاتينية ليتم استخدامها في المجموعات المختلفة لوصف السحب وهي كالآتي: cumulus للإشارة إلى "الكميات الكبيرة من السحاب" وstratus للتعبير عن "طبقة واحدة من السحاب" وcirrus للدلالة على "السحب المتخذة شكل الشعرة" كما تتم الإشارة إلى "السحب المطرة" باستخدام كلمة nimbus وكلمة alto هي المقابل الدال على "السحب المرتفعة". لذا، فإن مجموعة السحب "cumulonimbus" تعني أنها سحب ذات كميات كبيرة تؤدي إلى سقوط أمطار (السحب الرعدية). ومجموعة السحب "altostratus" هي السحب المرتفعة والمسطحة. يمكن استخدام عشرة من التركيبات الممكنة فحسب. تجدر الإشارة إلى أن بعضًا من المراقبين الآخرين لحالة الجو والسحب – أمثال عالم الأحياء جان لامارك – قد اتبعوا في عملهم أسلوبًا مماثلاً لذلك، ولكن الأسلوب الذي ابتكره هووارد هو المستمر حتى اليوم.

إسهامات همفري دايفي في مجال التحليل الكهربائي

١٨٠٧

اشتهر الإنجليزي همفري دايفي (١٨٠١) باختراعه لمصباح الأمان المستخدم في المناجم والمصباح القوسي الكهربائي. ترأس دايفي المعهد الملكي في لندن وساهم في اكتشاف العالم مايكل فاراداي وتقديمه للأوساط العلمية.
اعتمدت شهرته في العلوم إلى حد كبير على دراساته الرائدة في مجال "التحليل الكهربائي". لقد صاغ هذه الكلمة لتدل على حالة التحلل التي تصيب العديد من السوائل بواسطة التيار الكهربائي المكتشف حديثًا آنذاك. كان دايفي واحدًا من أوائل من اتبعوا الاكتشاف الذي توصل إليه زميلاه نيقولسون و كارلايل في عام ١٨٠٠ بأن الكهرباء المارة عبر ماء تحتوي

على قليل من الحمض يتولد عنها فقاعات من الهيدروجين والأكسجين؛ أي أن مركب الماء تحلل إلى عنصرين أساسين يشكلانه في التركيب.

> لم أجد في حياتي ما هو أفضل من الإنجازات العلمية ولإضفاء التميز والاحترام.
>
> همفري دايفي

تمثلت فكرة دايفي الأولى (وهي فكرة عميقة كما أثبت التاريخ بعد ذلك) في العمل على تحليل الماء إلى عناصره المتضمنة لتلك العمليات المشابهة التي ينتج عنها التيار الكهربائي باستخدام عمود فلطائي عام ١٧٩٦. يمكن أن تتسبب التفاعلات الكيميائية في دفع التيارات الكهربائية والعكس صحيح. لذا، أُطلق على الدراسة الجديدة اسم الكيمياء الكهربائية. إن استعداد المواد في الأساس للتفاعل كيميائيًا (وهو الشيء الذي أطلق عليه اسم "الألفة") هو في آخر الأمر استعداد كهربائي بطبيعته.

لقد تساءل دايفي عن قدرة التحليل الكهربائي على تحليل مجموعة معينة من المواد، مثل: ملح الطعام والجير والصودا وهي المواد التي أثيرت حولها الشكوك لفترة طويلة في أنها مركبات وليست عناصر ولكنها تتمتع بمقاومة شديدة في مقابل تعرضها للحرارة والمواد الكيميائية العادية. لقد نتج عن إجراء التحليل الكهربائي لمحاليل هذه المواد في الماء الهيدروجين والأكسجين فقط. تمثلت فكرة دايفي الجديرة بالملاحظة في القيام بإذابة هذه المواد قبل أن يمر من خلالها التيار الكهربائي.

نجحت هذه الفكرة في عام ١٨٠٧. فقد استطاع دايفي الحصول على معدن جديد أطلق عليه الصوديوم من الملح المذاب، كما حصل على البوتاسيوم من البوتاس المذاب. كذلك، فقد توالى أمر الحصول على كل من الكالسيوم والسترنشيوم والماغنسيوم والباريوم بالطريقة نفسها. أثبتت هذه المواد خفيفة الوزن أنها نشطة جدًا وتتفاعل بقوة وأحياناً بشدة مع الهواء والماء. إن ذلك الاستعداد للتفاعل هو السبب في صعوبة استخلاص هذه المعادن من مركباتها.

إسهامات جون دالتون في مجال دراسة الذرات

١٨٠٨

لقد راود الفيزيائيون الأوروبيون لمدة ٢٠٠ عام تقريبًا الفكرة القديمة التي مفادها أن المادة مكونة من جسيمات صلبة دقيقة ذات حركة ثابتة. أعطت الذرات تفسيرًا لحركة الغازات (١٦٦١)، كما شجعت العالم إسحاق نيوتن على عرض نظرية الجسيمات الضوئية (١٦٧٢). جدير بالذكر أن المدرس الإنجليزي جون دالتون قد حظي بشهرة واسعة عن طريق تطبيق الفكرة نفسها على علم الكيمياء.

توصل دالتون إلى مثل هذه الأفكار من خلال اهتمامه الذي طال على مدار حياته بدراسة حالة الجو والغازات مثل الهواء (١٨٠١). أدى الاكتشاف بأن الهواء يتكون في المقام الأول من الأكسجين والنيتروجين إلى إجراء التجارب مع المكونات التي تحتوي على هذين العنصرين. لم يتم التعرف إلا على ثلاثة من "أكاسيد النيتروجين"؛ أحدهما يحتوي على مقادير متساوية في الوزن من الأكسجين والنيتروجين، أما الأكسيد الآخر فقد كانت النسبة فيه هي ١ إلى ١,٧، والأكسيد الثالث فكانت النسبة فيه ١ إلى ٣,٤. ويبدو هنا أن الطبيعة لا تسمح بوجود نسب أخرى.

وحدة دالتون

هي وحدة قياس كتلة الذرات والجزيئات في مقابل كتلة ذرة الكربون الأكثر شيوعًا وقدرها ١٢.

توصل جوزيف بروست في فرنسا إلى القواعد نفسها مع المواد الأخرى (١٨٠٤). وقد انعكست هذه المواد في قانونيه المتطورين حديثًا والخاصين بالنسب الثابتة والمتضاعفة. ولكن تطرق دالتون إلى ما هو أبعد من ذلك حين سأل عن السبب في حدوث ذلك. فقد ظل يفكر بالفعل في فكرة "الذرات" مفضلاً استخدام المصطلح الأصلي الذي استخدمه الفيلسوف اليوناني ديمقريطس قبل ذلك بألفي عام على المصطلح العصري "الجسيمات". فقد اعتقد أن هذه الفكرة تقدم تفسيرًا سريعًا للتركيب الثابت لأكاسيد النيتروجين، بمعنى أن جسيمات هذه المركبات ربما تتكون من أعداد قليلة من ذرات هذين العنصرين، بالإضافة إلى ذرات

العنصر نفسه؛ حيث تتساوى جميعها في الوزن. بالنسبة لأكاسيد النيتروجين الأقل وزنًا، تتحد ذرة نيتروجين مع ذرة أكسجين، وفي غيرها من تلك الأكاسيد تتحد ذرتان من النيتروجين مع ثلاث ذرات من الأكسجين. وفي أكسيد آخر، توجد ذرة واحدة من النيتروجين إلى جانب اثنين من الأكسجين.

يدل هذا التفسير، إلى جانب الأوزان الفعلية للمركبات المختلفة، ضمنًا على أن نسبة أوزان ذرات النيتروجين والأكسجين هي ٧ إلى ٨. يمكن إجراء مثل هذه الحسابات على العشرات من المركبات الأخرى، مما أدى إلى إنشاء جدول "الوزن الذري" المميز لكل عنصر من العناصر.

نشر دالتون هذه الأفكار في كتابه A New System of Chemical Philosophy في عام ١٨٠٨. ولكن، كان هناك جدل مبدئي في هذا الصدد. تحمل دالتون بعضًا من هذا الجدل عندما تشبث ببعض الأفكار الخاطئة جنبًا إلى جنب مع الأفكار الصحيحة حقًا. على سبيل المثال، اعتقد دالتون – مع وجود بعض الاستثناءات – أن المركبات تحتوي على ذرة واحدة لكل عنصر من العناصر. فقد تمسك بالقيم الغريبة الناتجة المتعلقة بالأوزان الذرية في مواجهة الأدلة التي تدعم الآراء الأخرى. في واقع الأمر، لم يكن دالتون ليقبل حقًا الحسابات التي نفذناها فيما سبق ذكره.

كان دالتون عنيدًا في بعض الأمور الأخرى أيضًا. فقد رفض فيما بعد النظام الحديث للرموز الكيميائية الذي عرضه السويدي جونس برزيليوس (١٨١٤) بدلاً عن مجموعة الرموز لم يُحسن تسميتها. لقد ظل دالتون في دعمه المتحمس لنظرية "السيال الحراري" الخاصة بالحرارة، على الرغم من تزايد الأدلة التي تتصدى لهذه النظرية (١٧٩٨). ولم يكن أيضًا مجربًا حذرًا حقًا؛ فقد كان يرضى بالقياسات التقريبية والجاهزة عندما تكون النتائج والتقنيات الأفضل متاحة.

على الرغم من ذلك، لا زالت نظريته الذرية هي السبب في تغيير مسار العلوم وبخاصة بعد جمع الأدلة المدعمة بواسطة برزيليوس والآخرين. جادل دالتون في مسألة أصل الذرات وحدد نقطة الانطلاق إلى الكيمياء الحديثة. وكانت إحدى نتائج العلم الحديث بمثابة نقطة النهاية للآمال المبددة لعلماء الكيمياء القديمة في تحويل عنصر إلى آخر، كتحويل الرصاص إلى ذهب مثلاً. إن الذرات التي اكتشفها دالتون غير قابلة للانقسام كما أنها ثابتة غير قابلة

للتغير. تجدر الإشارة إلى أن مثل هذه الفكرة لم تتم مواجهتها إلا بعد مرور قرن من الزمان وذلك عند الوصول إلى نتائج منطقية عميقة التفكير (١٩١٩).

إسهامات جوزيف جاي لوساك في مجال دراسة الغازات

١٨٠٨

في أثناء الثورة الفرنسية وعندما أصبحت العلوم الناجمة عنها مختلطة مع السياسة، تم إعدام لافوازييه على المقصلة (١٧٨٩) بسبب انتمائه لجماعات سياسية. هرب جوزيف بروست (١٨٠٤) إلى أسبانيا تجنبًا للمشاكل. ففي ظل حكم نابليون الذي أدرك تمامًا فوائد العلوم لشئون الاقتصاد والدفاع القومي، كانت هناك فرص للعلماء المتميزين للتقدم والحصول على المكافآت.

كان جوزيف جاي لوساك أحد الذين تأثرت حياتهم بذلك. فقد قرر والده بعد أن تم القبض عليه في عام ١٧٩٢ إرساله إلى باريس كي يستكمل دراسته هناك. وهناك، التقى مصادفةً مع بعض من الشخصيات الرائدة في ذلك الوقت أمثال كلود بيرتوليه الذي كان يعمل مع لافوازييه، كما قابل أيضًا بيير لابلاس (١٧٩٦). وازدهر عمله منذ ذلك الحين وأصبح باحثًا نشطًا في العديد من المجالات. فقد كان إحدى الشخصيات الرائدة في نمو الصناعة الكيميائية في فرنسا، تلك التي ساهمت في تحسين إنتاج الأحماض الكبريتية والبارود وحمض الأوكساليك. وقد كان أيضًا شخصية مغامرة؛ حيث صعد ذات مرة إلى ارتفاع يعلو ٦ كيلو مترات في منطاد كي يتأكد مما إذا كان المجال المغناطيسي الأرضي يضعف بفعل الارتفاع (ووجد أنها فكرة خاطئة).

في مجال العلوم التجريدية، تعلقت إنجازاته بالغازات. وبدأ أول إنجازاته عندما اكتشف في عام ١٨٠٢ العلاقة بين الحيز الذي يشغله مقدار معين من أحد الغازات المضبوطة على ضغط ثابت وبين درجة حرارة هذا الغاز. اكتشف جاي لوساك (كما توصل مواطنه ورفيقه المتحمس جاك شارل قبل ذلك بحوالي ٢٥ عامًا أي في عام ١٧٨٣ ولكنه لم يقم بنشر هذا الاكتشاف) أن كل انخفاض في درجة الحرارة بمقدار درجة واحدة يعمل على تقليص حجم الغاز بمقدار ثابت. بعد إجراء التجربة بدقة، توصل جاي لوساك إلى حجم هذا الانخفاض، مما ساعد كلفن في تعيين الصفر المطلق (١٨٤٨) وهي درجة الحرارة التي يتناقص عندها الغاز (على نحو نظري) إلى أن يصل إلى العدم.

قام جاي لوساك أيضًا بقياس أحجام الغازات التي تدخل في التفاعلات الكيميائية. لقد أثبتت الأرقام أنها بسيطة على نحو مذهل. على سبيل المثال، إذا تم ضبط كل من درجة الحرارة والضغط على الوضع الثابت، فإن ٢ لتر من الهيدروجين يتحد مع لتر واحد من الأكسجين لكي ينتج ٢ لتر من بخار الماء. (توصل الإنجليزيان نيقولسون وكارلايل إلى النتيجة بعينها ولكن بعكس الأسلوب في عام ١٨٠٠ عن طريق تحليل الماء إلى هيدروجين وأكسجين باستخدام التيار الكهربائي). تم تطبيق بعض من الأرقام البسيطة المشابهة على تفاعلات أخرى مثل التفاعلات القائمة فيما بين النيتروجين والهيدروجين لتكوين مركب الأمونيا.

قانون جاي لوساك عن الأحجام المتحدة للغاز

عندما تتفاعل الغازات، فإنها تتفاعل بأحجام تحمل نسبة بسيطة إلى بعضها البعض وإلى أحجام المواد الناتجة إذا كانت في صورة غازات، بشرط أن يتم قياس جميع الأحجام عند درجة الحرارة نفسها والضغط نفسه.

منذ ذلك الحين، قام جاي لوساك بشرح قانون الأحجام المتحدة للغاز بالتفصيل في عام ١٨٠٨: "عندما تتفاعل الغازات، فإن هذه الأحجام تحمل علاقة بسيطة بين بعضها البعض وبين حجم المادة الناتجة في حالة ما إذا كانت تلك المادة الناتجة نوعًا من الغازات". فحتى عام ١٨١١، لم يكن الفرد قادرًا على الربط بين ذلك وبين النظرية الذرية الخاصة بالعالم جون دالتون والتي تم الإعلان عنها أيضًا في عام ١٨٠٨.

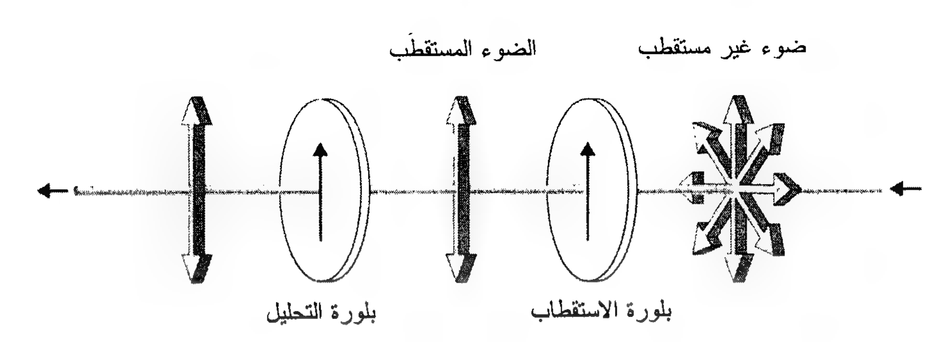
إسهامات إيتين ماليوس في مجال دراسة الضوء

١٨٠٨

استطاع إيتين ماليوس من المقعد الموجود في المعمل في فرنسا أن يرى ضوء الشمس المنعكس من النوافذ الزجاجية العظيمة لقصر لوكسمبورج في الناحية المقابلة للمعمل. اهتم ماليوس اهتمامًا بالغًا بالضوء بما في ذلك خاصية الضوء المميزة والمعروفة باسم "الاستقطاب". فقد لوحظت هذه الظاهرة وشُرحت لأول مرة قبل ١٢٠ عامًا على يد الهولندي كريستيان هايجنز. قال هايجنز إن الاستقطاب عملية ممكنة؛ لأن الضوء عبارة عن سلسلة من الموجات داخل الوسط غير المرئي الذي لا يمكن التعرف عليه والمسمى بالأثير (Aether)، تلك الموجات التي تشبه الموجات التي تمر على

سطح الماء. ففي حالة الماء، هذه الموجات دائمًا ما تكون في أعلى. أما في حالة الضوء، فالأمر يبدو أكثر وتعقيدًا.

افترض أنك قمت بربط أحد أطراف حبل طويل بعمود وقمت بمسك الطرف الآخر مع جذب الحبل وشده. ستتسبب الحركة السريعة ليدك التي تمسك بها الحبل في إرسال موجات عبر الحبل بشكل رأسي أو أفقي أو في أي من الزوايا فيما بين الوضعين معتمدًا في ذلك على الاتجاه الذي تتحرك فيه يدك. قم الآن بتمرير الحبل بين عمودين رأسيين. سيسمح ذلك الوضع بتكون الموجات الرأسية فقط. تعترض هذه الأعمدة الموجات المتعرجة، مما يجعل الموجات على الحبل "مستقطبة". لقد علم ماليوس أن الضوء يمكن استقطابه بأسلوب مشابه عن طريق بلورات كربونات الكالسيوم المعدنية التي تسمح للضوء بالمرور من خلال مستوى واحد من الاستقطاب. إن استخدام اثنين من البلورات معًا يمكن أن يتنبأ بما إذا تم استقطاب الضوء بالفعل أو لا. إن الفلاتر المستقطبة المستخدمة الآن تستفيد من المواد التركيبية الاصطناعية مثل البولارويد (Polaroid).



ينتقل شعاع الضوء من اليمين إلى اليسار. أمام البلورة الأولى، يكون هذا الضوء غير مستقطب بمعنى أنه يهتز من جانب إلى آخر ولكن في جميع الاتجاهات. إن النظام المستخدم في ترتيب الذرات في بلورة الاستقطاب يسمح بمرور الضوء الذي يتردد في اتجاه واحد "مستوى الاستقطاب". أما البلورة الثانية، فتسمح بمرور الضوء المستقطب في حالة ما إذا كانت ذراتها في صفوف موازية لتلك الموجودة في البلورة الأولى. لذا، فدوران البلورة الثانية يفيد بأن الضوء الداخل هو ضوء مستقطب وتشير إلى مستوى الاستقطاب الخاص به.

بالنظر إلى زوج من بلورات كربونات الكالسيوم البلورية عند نوافذ القصر، وجد ماليوس أن بعضًا من الأشعة الضوئية النافذة إلى الداخل قد تم على الأقل استقطابها. لذا، فالضوء

يمكن استقطابه عن طريق الانعكاس من الزجاج العادي ولا يحتاج بالضرورة إلى بلورات من نوع خاص. أدت دراسات أخرى على استقطاب الأشعة الضوئية إلى فهم أفضل لماهية الضوء واكتشاف لويس باستور بأن الطبيعة مرتبطة ومتحدة مع بعضها البعض (١٨٤٧).

توصل الفيزيائي الاسكتلندي دافيد بريوستر بعد ذلك إلى أن درجة الاستقطاب تعتمد على الزاوية التي ينعكس عندها الضوء. ينعكس بعض من الضوء بعيدًا عن النافذة ويتخلل البعض الآخر الزجاج وينكسر. يتم استقطاب أكبر كمية من الضوء عندما تكون الأشعة المنعكسة والمنكسرة عند الزاوية ٩٠ درجة لكل منهما الأخرى. وهذه هي الزاوية التي ابتكرها بريوستر.

لم يُكتب للعالم ماليوس أن يعيش عمرًا طويلاً مع اكتشافاته؛ حيث توفي عن عمر يناهز ٣٧ عامًا ربما إثر إصابته بمرض السل منذ سنوات عندما كان يعمل جنديًا في مصر. ولكنه عاش إلى أن حصل على أعلى المناصب داخل أكاديمية العلوم ومُنح الأوسمة التقديرية مثل ميدالية رومفورد من الجمعية الملكية في لندن. اشتبكت كل من إنجلترا وفرنسا في حرب في ذلك الوقت ولكن دائمًا ما تترفع مجالات العلوم عن السياسة.

اكتشاف جان لامارك لحقيقة تطور الكائنات

١٨٠٩

ترتبط مكانة الفرنسي جان لامارك في تاريخ العلوم بنظريته المثيرة للجدل عن التطور البيولوجي. تتغير هيئة الحيوانات والنباتات بمرور الزمن نظرًا لأن الطاقات التي تكتسبها في حياتها والتي تساعدها في البقاء على قيد الحياة تورث بعد ذلك للجيل التالي من نسلها. على سبيل المثال، تتسم بعض أنواع من الطيور مثل الطيور المخوضة بسيقانها الطويلة؛ لأنه يجب عليها أن تصطاد الأسماك. كانت السلالات القديمة لهذا الطائر تمد سيقانها في الماء كي تستطيع الخوض في المسطحات المائية الأكثر عمقًا. وبالتالي، ورث الجيل التالي هذه السيقان الطويلة. يعتقد لامارك أن إهمال استخدام الأطراف والأعضاء يؤدي إلى هذه النتيجة. فالثعابين، على سبيل المثال، ليست لها سيقان وهذا يرجع إلى أن السلالات القديمة لم تكن في حاجة إليها. ويمكن أن تتضاعف الأمثلة على هذا الرأي إلى عدة أضعاف.

لكي يوضح السبب وراء عملية التطور، تخيل لامارك الطبيعة كما لو كانت في حالة ثابتة من "التقدم تجاه الكمال". تتطور الكائنات الحيّة باستمرار عبر مراحل الحياة المختلفة من الشكل البسيط إلى المعقد وتكتسب بذلك قدرات ومهارات جديدة من خلال الصراع من أجل البقاء على قيد الحياة، وتتناقل هذه المهارات المكتسبة عبر الأجيال. يتصدر الجنس البشري قائمة التسلسل الهرمي، بمعنى أننا تجاوزنا بالفعل جميع مراحل الطبيعة.

دون لامارك أفكاره في كتابه تحت عنوان The Philosophy of Zoology في عام ١٨٠٩. وعند وضع تفسير يتعلق بالكثير من الأشياء التي نراها في الطبيعة، كان التفسير المتعلق بـ"توريث الصفات المكتسبة" يعد تفسيرًا مبدعًا وشاملاً؛ حيث اعتمد بقوة على المشاهدات التي لاحظها بنفسه (١٨١٥). ولكن المشاهدات والتجارب الأخرى التي استمرت على مدار قرن أثبتت خطأ نظريته؛ لأن التطور الذي يؤمن به لم يحدث.

إذن ما السبب في تخليد ذكراه في تاريخ العلوم؟ إن كل طالب يدرس علم الأحياء يعرف جيدًا من هو لامارك الذي أدعى أن عنق الزرافة الطويلة هو نتيجة لأجيال من الزراف التي كانت تقوم بمد العنق كي تصل إلى أوراق الأشجار الشاهقة. قام الجيولوجي الإنجليزي تشارلز ليل (١٨٢٩) بتقديم هذا المثال كي يسخر من نظرية لامارك كليةً. إن اقتباس ليل مقتطفات عدة من آراء لامارك في كتابه Principles of Geology جعل اسم لامارك معروفًا بدرجة كبيرة.

لم تلقَ أفكار لامارك كثيرًا من التأييد حتى في موطنه. فبالنسبة لآراء معظم العلماء الفرنسيين، ليس هناك مجال لحدوث عملية التطور على الإطلاق. توقع العلماء ابتداءً من العالم البارز جورج كوفييه (١٨١٢) ومن تبعوه من بقية العلماء أن بعضًا من أنواع الكائنات الحية قد انقرضت بشكل مأساوي والبعض الآخر ربما خُلق ليكون خلفًا لها. وإلا فإن الأنواع لن تتغير طالما أنها تسعى للوصول إلى الكمال. عارض تشارلز داروين بشدة التفسيرات التي قدمها لامارك ولكن يحسب لهذا العالم الفرنسي على الأقل محاولته لدراسة عملية التطور البيولوجية. وكما اعترف داروين في كتابه The Origin of Species (١٨٥٩) بأن لامارك أثار احتمالية أن "عالم الكائنات العضوية، والكائنات غير العضوية إنما هو نتيجة لقوانين الطبيعة وليس بسبب تدخل خارق من قوة ما". ← ١٨١٥

اكتشاف ماري أنينج لحفريات الديناصورات

١٨١١

بدأت العالمة النابغة ماري أنينج عملها وهي صغيرة السن في أحد العلوم التي ما زالت تخطو خطواتها الأولى ألا وهو علم الحفريات القديمة. فقد كانت لم تزل في الثانية عشر من عمرها عندما اكتشفت أولى الحفريات المهمة. في عام ١٨١١، انكشف الغبار عن الهيكل المتكامل الأول للحيوان المنقرض الذي سُمي فيما بعد باسم الإكصور أو (الزحافة البحرية المنقرضة) بفعل عملية التعرية التي حدثت لبعض المنحدرات بالقرب من منزلها في إحدى المدن الواقعة غرب إنجلترا. فقد عثر شقيقها على رأس هذا الحيوان نفسه في العام السابق لذلك، ولكنه اعتقد أنها مجرد رأس تمساح.

إن موت والدها المبكر إثر إصابته بمرض السل دفع الصغار من عائلة أنينج إلى جمع حفريات الكائنات الحية وإعدادها للبيع للسائحين وغيرهم ممن يجمعون هذه الحفريات وبخاصة العلماء. وجدت أنينج التي كانت تعاني من الفقر راعيًا كان يبيع مجموعته الخاصة به والتي مكنتها من الاستمرار في هذا المجال. لقد قامت أنينج بالعديد من الاكتشافات المهمة قبل موتها وهي في السابعة والأربعين من عمرها إثر إصابتها بمرض السرطان. تتضمن هذه الاكتشافات اكتشافها لحيوان البلصور لأول مرة (وهو أحد الزواحف القادرة على السباحة) في عام ١٨٢١، ثم اكتشاف الزاحف المجنح الأول (أحد الزواحف القادرة على الطيران)؛ حيث عثرت عليه خارج ألمانيا.

جدير بالذكر أنه في ذلك الوقت كان يتم التنقيب عن حفريات المخلوقات التي تتشابه مع تلك التي عثرت عليها أنينج في جميع أنحاء أوروبا وهي بقايا المخلوقات العجيبة التي لا تحاكي أيًا من الكائنات الحية الآن ولكنها ربما تربطها بعض الصفات. يتمثل الأمر الجدير بالاحترام في الاعتقاد الآن بواقع الانقراض بمعنى أن الكثير من المخلوقات التي كانت تعيش بوفرة يومًا ما قد اندثرت ولا وجود لها الآن في أي مكان. عثر أحد الإنجليز الهواة لعملية جمع الحفريات ألا وهو وليم باكلاند على عظام وأجزاء لأحد المخلوقات التي أطلق عليها بعد ذلك اسم "السحلية العملاقة". عثر آخرون من الباحثين على الحفريات على عظام وأجزاء لبعض المخلوقات ذات سيقان قوية وأجسام عظمية وذيول ضخمة تصلح

لأن تكون بمثابة أسلحة كما عثروا أيضًا على حفريات لبعض الحيوانات الأصغر حجمًا وأضعف من حجم الطيور الضخمة.

اقترح عالم التشريح الإنجليزي ريتشارد أووين في عام ١٨٤١ اسمًا مجملاً لهذه المخلوقات ألا وهو الديناصورات والذي يعني "السحالي المروعة". وتمثل الديناصورات - كما يعتقد هذا العالم - فصيلة من الزواحف التي انقرضت منذ زمن بعيد وهي مخلوقات من ذوات الدم البارد التي تضع البيض، بعض منها يستطيع السباحة وبعضها قادر على الطيران وكذلك الجري. أظهرت أسنان هذه المخلوقات أن بعضها يتغذى على النباتات والبعض الآخر يعتبر من الفصيلة الآكلة للحوم. بعضها ينتمي لفئة الحيوانات الضخمة بحق، فقد عُثر على حيوان من تلك الحيوانات في عام ١٨٤٩ يمتد طول يده العليا لمسافة متر في محيط دورانها.

قدم الرسام الإنجليزي الشهير جون مارتين رسومًا توضيحية لبعض الكتب واسعة الانتشار التي تدور حول الحيوانات موضحًا إياها (ليس بالضبط تمامًا) في صورة تشبه التنين. كذلك، أشرف ريتشارد أووين على تجديد الرسوم الخاصة بحقبة ما قبل التاريخ في بهو القصر البلوري بلندن. فازداد إعجاب الناس الشديد بمثل هذه الديناصورات ولم يتلاشَ مطلقًا.

اكتشاف تشارلز بل لتركيب المخ

١٨١١

استطاع الفيزيائي الاسكتلندي المولد تشارلز بل أن يعمل رسامًا. فرسومه الكثيرة بالإضافة إلى لوحاته التي استخدم فيها الألوان المائية والمتعلقة بعلم التشريح كانت تمثل سجلاً مهمًا قبل اختراع التصوير الفوتوغرافي. وقد تم تقدير هذه الرسوم واللوحات حق قدرها وتم تصميمها ببراعة تامة وبخاصة تلك الرسوم التوضيحية الشهيرة التي تصف الجنود الذين جُرحوا في معركة ووترلو التي خدم فيها بل كطبيب للجيش. وطبقًا لإحدى الروايات، تعامل بل مع الجرحى "حتى أصبحت ملابسه مغطاة تمامًا بالدماء وفقدت ذراعاه قوتهما بعد إجهادهما نتيجة لاستخدام المشرط".

لا يزال اسم بل موجودًا إلى الآن في المصطلحات الطبية لبعض الأمراض مثل شلل بل وهو عبارة عن شلل يصيب عصب الوجه ويسبب سقوط أحد جانبي الوجه. يوضح ذلك الأمر ماهية عمله الذي استمر طيلة حياته وتمثل في إدراكه لأفضل نسق يجري به العمل

داخل الجهاز العصبي فضلاً عن التعرف على تلك الكيفية التي تربط بها الأعصاب بين المراكز المحددة في المخ وبين العضلات وأعضاء الحس. برع بل في هذا المجال عن استحقاق. اعتبر البعض كتابه الذي نشره تحت عنوان An Idea of a New Anatomy of the Brain عام ١٨١١ بمثابة المرجع الرئيسي لعلم الأعصاب.

عمل بل على التفريق بين المناطق المختلفة في المخ والوظائف التي تؤديها وبخاصة المخيخ – حيث إنه يعتبر المنطقة الأهم والأقرب إلى الحبل الشوكي الذي يختص بالوظائف الأساسية مثل التنفس وضربات القلب – وبين المخ في أعلى ومقدمة الدماغ والذي يعد مركز الإحساس والنشاط الإرادي. وقد لاحظ بل أيضًا أن الحبل الشوكي داخل العمود الفقري يحتوي على مجموعتين من الأعصاب: إحداهما ترتبط بالجزء الخلفي من المخ (الأعصاب الظهرية) والثانية بالجزء الأمامي للمخ (الأعصاب البطنية).

اكتشف بل بمساعدة الآخرين أن الأعصاب الظهرية هي "الأعصاب الحسية" وهي المسئولة عن حمل الانطباعات إلى المخ من خلال العينين والأذنين والجلد وهكذا، في حين أن الأعصاب البطنية هي "الأعصاب الحركية" التي تقوم بنقل الرسائل من المخ إلى العضلات والأعضاء مما يسبب الحركة والتغيرات الأخرى. وبناءً على هذا، فقد تحدد التقسيم الرئيسي للعمل داخل الجهاز العصبي وتم التزويد أيضًا بخطة من أجل مزيد من الاستكشافات التفصيلية في هذا الصدد حتى وقتنا الحالي.

نظرًا لاعتداله وعطفه إلى جانب أناقته، كان بل يطمح كثيرًا في أن يكون أستاذًا في علم التشريح. لقد كان مسئولاً عن إدارة مدرسة التشريح التي أسسها الجراح البريطاني العظيم جون هانتر (١٧٧٥) والتي أصبحت بعد ذلك جزءًا من جامعة لندن الحديثة. تم تعيين بل مدرسًا في ذلك الوقت ولكنه لم يكن مهتمًا بأوضاع العمل وتقاعد على المعاش من أجل إدارة أعماله الخاصة. بعد ذلك، غادر لندن تمامًا (التي اعتبرها مكانًا مناسبًا للعيش لا للموت)، وعاد إلى اسكتلندا لممارسة هواية الصيد التي كان يعشقها.

إسهامات أماديو أفوجادرو في مجال الكيمياء

١٨١١

كان عام ١٨٠٨ هو العام الأهم في تقدم علم الكيمياء كأحد العلوم التي أصبح القياس فيها حقيقة مهمة وليس مجرد ملاحظة. شرح عالم الكيمياء الفرنسي جوزيف جاي لوساك قانونه المتعلق بالأحجام المتحدة للغاز. وينص هذا القانون على أن النسب بين أحجام الغازات التي تتحد مع بعضها البعض كي تشكل مركبًا جديدًا تمثل أعدادًا صحيحة أو كسورًا بسيطة. يمكن أن تتفاعل ثلاثة لترات من الهيدروجين مع لتر واحد من النيتروجين لتكوين لترين من الأمونيا.

ثابت أفوجادرو

هو عدد الجسيمات (الذرات أو الجزيئات) في جزيء جرامي واحد من جزيئات أي من المواد؛ أي في كتلة المادة التي تتساوى مع الوزن الذري أو الجزيئي والتي يتم التعبير عنها بوحدة الجرام (٢ جرام من الهيدروجين أو ١٠٨ جرام من الفضة). يحتوي كل جزيء جرامي على ٦ × ١٠^٢٣ جسيم تقريبًا.

في العام نفسه، نشر المدرس الإنجليزي جون دالتون "النظرية الذرية" الخاصة به قاصدًا توضيح السبب في تساوي نسب العناصر المختلفة في مركب ما بغض النظر عن الطريقة التي تشكل بها المركب. وتمثل سبب دالتون في قوله إن الأمونيا دائمًا ما تكون على صورة جسيمات، يحتوي كل جسيم منها على عدد قليل فقط من الجسيمات أو "الذرات" الأصغر حجمًا المتمثلة في ذرات النيتروجين والهيدروجين.

على الرغم من أن جميع الأعداد بسيطة بطبيعتها، فمن الضروري أن تكون هناك بعض العلاقات التي تعد أكثر عمقًا وينبغي التعبير عنها. وضع الكيميائي الإيطالي أماديو أفوجادرو "فرضيته" عام ١٨١١ التي ما زالت مسماة بذلك حتى الآن. عند صياغة تلك الفرضيات بطريقة أخرى، فإنها ستنص على الآتي: لنفترض أننا سنأخذ لترًا من كل من اثنين من الغازات بغض النظر عن طبيعة كل منهما؛ فإذا تساوت درجة الحرارة والضغط لكل منهما، فسيحتوي كل لتر منهما على العدد نفسه من الجسيمات بالضبط، وهو الأمر الذي أدى إلى التوصل إلى ما يُعرف بثابت أفوجادرو.

كانت افتراضات أفوجادرو تمثل اقتراحات مذهلة تختلف كل الاختلاف عن مسار التفكير السائد والمتبع في ذلك الوقت. ومن العلماء البارزين الذين لم يقبلوا بهذه الفرضية دالتون وجاي لوساك و برزيليوس. ولسبب ما، كانت تتطلب هذه الافتراضات وجود جسيمات دقيقة من الهيدروجين والنيتروجين (الأمر الذي جعل أفوجادرو يصيغ مصطلح "الجزيئات") التي تحتوي كل منها على اثنين من الذرات. ولكن بدا ذلك الأمر مستحيلاً؛ نظرًا لأن أية ذرتين متشابهتين من ذرات النيتروجين قد تقاوم إحداهما الأخرى فتتنافران ولا تتحدان لتكوين جزيء على الإطلاق.

في إطار من الازدراء والتجاهل، تقاعس أفوجادرو في ظروف غامضة عن العمل لمدة ٥٠ عامًا. وعندما رحل أفوجادرو ومنافسوه عن عالمنا، أحيا أحد الزملاء فرضية أفوجادرو وسرعان ما أصبحت تلك الفرضية منذ ذلك الحين ممثلةً للمعرفة التقليدية. ولا يرى علماء الكيمياء - بعد التحرر من الأفكار الثابتة - أسلوبًا أفضل من ذلك لشرح المشاهدات التجريبية. فالأحجام المتساوية لجميع الغازات الموجودة في ظل الظروف نفسها تحتوي بالفعل على أعداد متساوية من الجسيمات.

لكن تُرى ما عدد تلك الجسيمات؟ لم يتم التوصل بأسلوب مؤكد إلى أعداد تلك الجسيمات على مدار فترة امتدت لقرن بعد وفاة أفوجادرو، ولكنه يقدر بعدد مهول لأن الجزيئات صغيرة للغاية. على سبيل المثال، وتحت "ظروف طبيعية"، فإن ٢ جرام من الهيدروجين أو ٢٨ جرامًا من النيتروجين (جزيء جرامي لكل منها) سيشغل حيزًا يقدر بحوالي ٢٢ لترًا. في هذا الحجم، سنعثر على عدد أفوجادرو للجزيئات الذي يصل إلى ٦×١٠^{٢٣} جزئ. وهذه حقيقة لا ريب فيها.

إسهامات جورج كوفييه في مجال دراسة الحفريات

١٨١٢

استحق العالم العبقري الفرنسي جورج كوفييه أن يكون مؤسس علم الدراسات القديمة. فهو بالفعل قدم أكثر مما قدمه أي عالم غيره لكي ينظم دراسة العظام من الحفريات، فضلاً عن أنه قد تخيل المخلوقات التي انقرضت. لقد كان إدراكه لعلم التشريح الوظيفي متكاملاً، وهو العلم الذي يدرس الأسلوب

الذي يربط بين أي جزء من أجزاء الحيوان والوظيفة التي يقوم بها، مما يسمح له بإعادة تركيب المخلوقات بدقة متناهية من خلال بضعة أجزاء فقط. لقد كان كتابه حول عظام الحفريات ذوات الأربع والذي نُشر في عام ١٨١٢ بمثابة أثر شهير من الطراز الأول. ولكن جذبت انتباهه أيضًا الحفريات الخاصة بجميع أنواع الحيوانات الأخرى.

إن أكثر إسهامات كوفييه أهمية ربما كانت تتمثل في حقيقة مفهوم الانقراض. فقد أثار الكثير من العلماء قبله الجدل حول أن هذه الحفريات ما هي إلا بقايا مخلوقات قد اختفت من على سطح الأرض. وكانت هذه الفكرة هي إحدى الأفكار الجدلية. فقد تساءل بعض النقاد أنه ما دامت المخلوقات قد خلقت لكي تعمر الأرض، لماذا إذن تتعرض لهذا الانقراض وما السبب وراء حدوثه؟

تعد حيوانات الماموث خير دليل على ذلك. فقد تم العثور على العظام الخاصة بهذا النوع من المخلوقات الضخمة الشبيهة بالفيلة في أماكن كثيرة. ساد الاعتقاد بين الإيطاليين بأن هذه العظام هي بقايا الحيوانات التي كان يستخدمها هانيبال في غزوه قبل ذلك بألفي عام. كذلك، اعتقد الرئيس الأمريكي توماس جيفرسون عضو الجمعية القمرية (١٧٦٥) أن حيوانات الماموث ربما لا تزال تعيش في مناطق البراري في أمريكا الشمالية. قام كوفييه بالرد على ذلك الاعتقاد بإقامة مقارنة دقيقة بين عظام الأفيال الآن وبين عظام حفريات حيوانات الماموث. أثبتت تلك المقارنة أن كليهما يختلف في عدة تفاصيل بشكل واضح، مما يجعل كلاً منهما ينتمي لفصيلة مختلفة. وهكذا، انقرضت حيوانات الماموث وظلت الأفيال.

يتمثل السؤال المثار الآن في الاستفسار عن سبب انقراض هذه المخلوقات. يعتقد كوفييه أن كوكب الأرض قد دخل في حالة من الاضطرابات التغييرات الدورية والمتكررة التي أدت إلى انقراض سلالات كاملة من الكائنات الحية، مما ساعد في تغيير شكل الحياة على كوكب الأرض جذريًا. لهذه التغييرات أسباب طبيعية. في أثناء الترويج لآرائه عن مختلف الأشياء، كان على كوفييه أن يتصدى بقوة لأصحاب المذاهب المدعمة لفكرة التغير التدريجي للأرض مثل تشارلز ليل (١٨٢٩) وكأسلافه ممن سبقوه مثل جان (١٧٧٨) ديلوك الذي كان يناضل إلى جانب جيمس هاتون. رجحت كفة ليل ورفاقه في هذا الصدد، ولكن فكرة إمكانية التغير العنيف والمفاجئ للأرض قد تمت إعادة النظر فيها مؤخرًا مرة أخرى وذلك

مع إثارة الحديث حول احتكاك بعض الكويكبات بالأرض (ألفاريز ١٩٨٠) والثورات البركانية الهائلة التي تعد من العوامل الرئيسية التي تؤثر على شكل الحياة على الأرض.

إن الشخص الذي يمتلك القدرة على تذكر كل شيء، بل وكل كلمة وردت في الكتب التي يبلغ عددها ١٩٠٠٠ كتاب تملأ المكتبة الخاصة به، مثل جورج كوفييه - وذلك كما قيل عنه إنه يستطيع القيام بذلك - ينبغي أن يكون لديه عقل مذهل. فاقت مواهب وإنجازات ذلك العالم الفرنسي إلى ما هو أبعد من البحث العلمي. فقد كان يعمل كسكرتير للمعهد القومي الذي تم تأسيسه بعد الثورة الفرنسية كي يحل محل الأكاديمية الملكية. وتحت مظلة حكم نابليون، كان كوفييه نشطًا في نشر التعليم العالي وبخاصة في الأقاليم التي تم ضمها تحت الحكم الفرنسي. توفي كوفييه بعد حصوله على أعظم أوسمة الاحترام والشرف من فرنسا عن عمر يناهز ٦٣ عامًا.

إسهامات مايكل فاراداي في مجال الاكتشافات العلمية

١٨١٣

لقد طُلب ذات يوم من همفري دايفي الذي عمل كأول مدير للمعهد الملكي في لندن أن يذكر اسم أعظم اكتشافاته، فأجاب بشيء من الاحترام إنه مايكل فاراداي. ربما كان دايفي على حق، عندما صرح بذلك. فنظرًا لموهبته المميزة التي تمتع بها، فاق فاراداي معظم المقاييس نتيجة للرعاية التي تلقاها من الآخرين. فقد كان فاراداي يتمتع بعقل دائم السؤال، وكان يقرأ جميع الكتب العلمية التي تأتي إليه. وفي الرواية المعروفة للجميع، حصل فاراداي على إحدى التذاكر التي تمكنه من حضور المحاضرات التي كان دايفي يلقيها. وبعدها كتب إليه ملاحظاته والتوضيحات الملحقة بها وبعث بها مع خطاب يحتوي على طلب لوظيفة. تأثر دايفي وقام بتعيينه كمساعد وسكرتير له في عام ١٨١٢. وبعد بذلك مباشرة، انطلق كلاهما معًا في رحلة حول أوروبا.

بعد أن أثرى عقله بالخبرة والمعرفة، عاد فاراداي ليعمل مرة أخرى في المعهد الملكي. وبحلول عام ١٨٢١ تزوج فاراداي، وأصبح مديرًا للمعمل. وقد خلف دايفي بعد أن تقاعد عن العمل في عام ١٨٢٥. وفي أثناء هذه الأعوام، استطاع فاراداي إذابة الكلور في حالته الغازية لأول مرة كما أنه اكتشف هيدروكربونات البنزين عن طريق تقطير زيت الحوت.

كانت أعظم إنجازات فاراداي في مجالي الكهرباء والمغناطيسية منذ عام ١٨٣١ أي ما بعد أن واجه بعض العلماء صعوبات في هذا الصدد في وقت مبكر عن ذلك (أورستد – ١٨٢٠). بذل المعهد الملكي تحت إدارته جهدًا مضنيًا لكي يعزز من وعي عامة الناس بالمجالات العلمية. كان دائمًا ما يقوم فاراداي بإلقاء محاضراته في الأعياد والمناسبات المختلفة. تجدر الإشارة هنا أن محاضرة فاراداي التي ألقاها في آخر حياته حول التاريخ الطبيعي للشمعة كان لها أثر علمي من الطراز الأول.

لم يوافق فاراداي مطلقًا على مفهوم "وقوع الفعل عند مسافة معينة" الذي عرضه إسحاق نيوتن للجاذبية (١٦٨٧). كذلك، فإنه لم يستطع إدراك القوى التي تحدث في "الفضاء الفارغ"، مثله في ذلك مثل رينيه ديكارت (١٦٤٤). تصور ديكارت أن الفضاء مملوء بما يُعرف بالمادة الدقيقة لكي تعمل على حمل هذه القوى آليا. قام فاراداي بملء هذا الفراغ بـ"المجالات المغناطيسية" وهي مناطق التأثير حيثما تشعر الكتلة أو الشحنة أو القطب المغناطيسي بهذه القوى. حاول فاراداي أن يقنع غيره بحقيقة هذه المجالات التي تمثلت في "خطوط القوى". وضع الباحثون المتخصصون في وضع النظريات أمثال جيمس كلارك ماكسويل (١٨٧١) هذا المفهوم في شكل رياضي (وهو المجال الذي لا يبرع فيه فاراداي).

أما فيما يتعلق بما تركه فاراداي من ميراث فقد تمثل في شيئين. أولاً، نصح فاراداي الفيزيائي الشاب وليم كروكس بالاجتهاد في العمل والانتهاء منه كليةً ثم القيام بنشره والإعلان عنه. ثانيًا، قدم فاراداي نصيحته التي وجهها إلى بقية البشر والتي تمثلت في مقولته: "ما من شيء أروع من أن تكون صادقًا ومخلصًا دائمًا". ← ١٨٣١

إسهامات جونس برزيليوس في مجال علم الكيمياء

١٨١٤

دائمًا ما يُحسب للإنجليزي جون دالتون (١٨٠٨) صياغته للنظرية الذرية وترويجه لها كي يقوم بشرح التفاعلات الكيميائية، ولكن يجب القول إنه قد تلقى في هذا الصدد الكثير من المساعدة. جاءت المساندة

الرئيسية من الكيميائي السويدي جونس برزيليوس. فبعد أن كـان طبيبًـا وجراحًـا في بـادئ الأمر، تحول برزيليوس إلى دراسة علم الكيمياء عندما اضطر إلى تدريسها. وتبـع ذلـك الأمـر ما أنجزه من عمل كان له تأثيره الواضح.

لم أشعر للحظة في حياتي بمثل هذه السعادة البالغة إلا عندما انغمست هذه العصا المضيئة في الأكسجين لكي تضيء ذلك المعمل الذي لا توجد به أية نافذة.

جونس برزيليوس

(عندما استطاع لأول مرة تجميع الأكسجين وتحضيره في تجربة معملية.)

بينما كان يقوم بتأليف كتابه التعليمي لطلابه، أعاد برزيليـوس اكتـشاف قـانون النـسب الثابتة (والمعروف أيضًا بقانون بروست – عام ١٨٠٤). الأمر الذي أدى به إلى وضـع جـداول "الأوزان الذرية" (الأوزان النسبية لذرات العناصر المتنوعة) بصورة تفوق دقـة العـالم دالتـون. توصل برزيليوس إلى أن معظم الأوزان الذرية لا تعبر عن أعداد صحيحة. لقد كان ذلك الأمر بمثابـة ضـربة قاضيـة سـاعدت في ضـعف الفكـرة الحديثـة الـتي توصـل إليهـا الكيميـائي الإنجليزي وليم براوت والتي مفادها أن ذرات جميع العناصر تتكون من ذرات الهيـدروجين الذي يعتبر أخف العناصر وأبسطها.

لقد تعرضت هذه الفكرة لكثير من الاتهام. فهـي تمثـل الفكـرة الـتي تعكـس الرغبـة المعروفـة لدى اليونانيين القدماء بتقليص عدد المواد إلى مادة واحدة أساسية فحسب، مما يزيد مـن النظـام والتناسق في الطبيعة من حولنا. ولكن للأسف، لم تتفق هـذه الفكـرة مـع الحقـائق. وكمـا تـوخى العالم برزيليوس الحذر في عمله، فإن وزن ذرة الأكسجين لا يبلغ ١٦ مرة مـن وزن الهيـدروجين ولكنه يبلغ ١٥,٩ مرة. كان القول الذي مفاده أن ذرة الأكسجين تتكـون مـن ١٦ ذرة هيـدروجين من الأمور ممكنة الحدوث، في حين أن الفكرة الأخرى التي مفادها أن ذرة الأكسجين تتكون مـن ١٥,٩ ذرة هيدروجين لم تكن ممكنة. ولكن ما يـثير الـسخرية هـو أنـه بمجـرد معرفـة التركيـب الحقيقي للذرات (١٩١٩)، أثبت حدس براوت أنه لم يبعد كثيرًا عن الحقيقة.

كذلك، فقد أضاف برزيليوس إلى علم الكيمياء أسلوبًا جديدًا تمثل في تمثيل العناصر والمركبات في صورة "معادلات كيميائية" تصف الطريقة التي تتفاعل بها هذه العناصر. أوضح كل من أنطوان لافوازييه و كلود بيرتوليه طريقة التعبير عن ذلك بصورة لفظية (١٧٨٧). من ناحية أخرى، استطاع برزيليوس آنذاك ابتكار الرموز. وأحلت هذه الرموز سريعًا محل النظام غير المتقن الذي ابتكره دالتون والذي لا يزال يُستخدم حتى الآن ولكن بعد دخول القليل من التعديلات عليه.

اختار برزيليوس واحدًا أو اثنين من الحروف التي عادةً ما تكون الحروف الأولى لاسم العنصر باللغة الإنجليزية أو اللاتينية لكي يمثل ذرة واحدة من العناصر – فمثلاً – استخدم حرف H للدلالة على ذرة الهيدروجين وO للأكسجين وN للنيتروجين و C لذرة عنصر الكربون وS للكبريت وFe للحديد وAu للدلالة على الذهب وهكذا. أما العناصر في أحد المركبات فيشار إليها باستخدام الحروف والأرقام: فمثلاً، H_2O تشير إلى جزيء الماء الذي يتكون من ذرتين من الهيدروجين وذرة واحدة من الأكسجين. والمركب H_2SO_4 يشير إلى أن ذرتين من الهيدروجين وذرة واحدة من الكبريت وأربع ذرات من الأكسجين لتكوين جزيء حمض الكبريتيك.

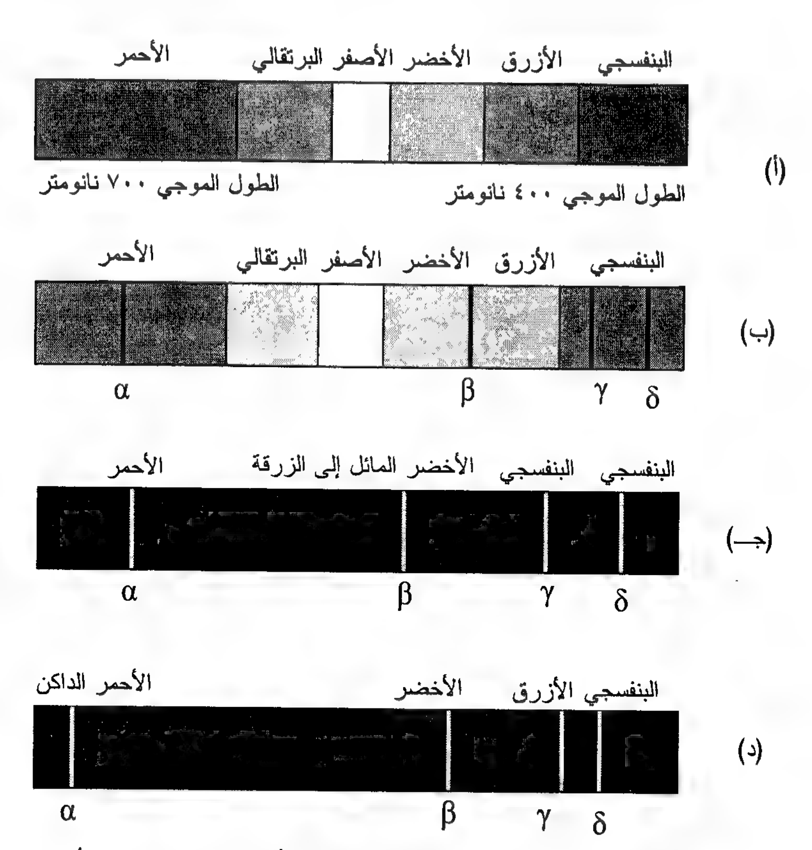
يمكن أن تتشكل هذه الصيغ الكيميائية في صورة جمل تعبر بشكل مختصر عن العناصر المشتركة في التفاعلات الكيميائية والنتائج المترتبة عليها. على سبيل المثال، **$Fes + H_2SO_4 = Fe\ SO_4 + H_2S$** هي الجملة الدقيقة والمدمجة للتعبير عن أن كبريتيد الحديد يتفاعل مع حمض الكبريتيك لكي ينتج عنه كبريتات الحديد وكبريتيد الهيدروجين والمعروف أيضًا باسم "غاز البيض الفاسد". ← ١٨٤٨

إسهامات جوزيف فرانهوفر في مجال دراسة الضوء

١٨١٤

يعني مفهوم علم الطيف رؤية الألوان المتعلقة بالضوء على وجه التقريب، وهو يعد أداة فعالة في مجال العلوم الآن. وترجع أصول هذا العلم – مثله مثل الكثير من العلوم الأخرى – إلى العالم إسحاق نيوتن. ففي عام

١٦٧٢، ذكر نيوتن أن ضوء الشمس المار من خلال المنشور الزجاجي ينكسر ويتحول إلى سلسلة من الألوان المتصلة وهي ألوان قوس قزح ابتداءً من اللون الأحمر وحتى البنفسجي.



في الشكل (أ)، عندما يمر الضوء الأبيض من خلال المنشور أو شبكة الحيود، فإن الألوان التي تظهر فيه تنفصل لتكون سلسلة ألوان الطيف المعروفة أو ألوان قوس قزح ابتداءً من اللون البنفسجي وحتى الأحمر.

في الشكل (ب)، إذا مر الضوء الأبيض لأول مرة خلال غاز الهيدروجين، لن تظهر جميع الألوان. ولكن ستظهر أشرطة أو"خطوط" سوداء ضيقة أمام بقية ألوان الطيف كما لو أن هذه الألوان قد تم حذفها. تعرف هذه العملية بالطيف الامتصاصي. يظهر هنا أربعة خطوط من الألوان محددة بالرموز δ وγ وβ و α.

في الشكل (ج)، إذا تم تسخين الهيدروجين حتى يتوهج في الحجرة المظلمة، يتلون معظم "طيف الانبعاث" الخاص به باللون الأسود. ولكن تظهر أيضًا أربعة خطوط من الألوان البراقة - خط أحمر وآخر أخضر مائل إلى الزرقة وخطان من اللون البنفسجي في الأماكن نفسها التي انبعثت منها

الخطوط السوداء في الطيف الامتصاصي. يعد هذا الشكل من الخطوط إحدى السمات التي تميز عنصر الهيدروجين. قام العالم نيلز بور في عام ١٩١٣ بتفسير الطريقة التي تنتج بها هذه الخطوط.
في الشكل (د)، يوضح هذا الطيف تأثير الإزاحة الحمراء (١٩١٢). فإذا تلاشى مصدر الضوء الهيدروجيني (لنفترض مثلاً أنه لأحد النجوم)، تنزاح تلك الخطوط المميزة باتجاه الطرف الأحمر لسلسلة ألوان الطيف. فتصبح α هي الأحمر الداكن وβ هي أخضر بدلاً من الأخضر المائل إلى الزرقة وتتحول γ إلى الأزرق. إن مقدار الإزاحة الحمراء هو المقياس الذي يعبر عن مدى سرعة تلاشي الشيء.

بعد ذلك بمائة عام تقريبًا وفي عام ١٧٥١، استخدم الاسكتلندي توماس ملفيل المنشور الزجاجي مرةً أخرى ولكن في هذه المرة استخدمه لكي يرى الضوء الصادر من اللهب الذي يتم فيه نثر بلورات من الملح. رأى ملفيل الألوان ولكنها لا تنتشر في صورة متواصلة. تظهر قبالة الخلفية السوداء خطوط من الألوان الخالصة شديدة التوهج. فأدرك أن الألوان الظاهرة تعتمد على نوع الملح المنثور في اللهب.

عاد الإنجليزي وليم وولاستون في عام ١٨٠٢ مرة أخرى إلى العمل الذي قام به نيوتن ولكنه استخدم تجهيزات أفضل بكثير. لقد شاهد وولاستون الانتشار المتواصل للألوان في طيف ضوء الشمس مع وجود شيء آخر أيضًا. تتقاطع خلفية الألوان مع العشرات من الخطوط السوداء الرفيعة التي دائمًا ما تبدو في الأماكن نفسها في سلسلة الطيف كما لو أن بعضًا من الألوان المحددة مفقودة. لم يستفد وولاستون كثيرًا من هذه النتائج ولم يجد أية علاقة تربطها بما توصل إليه ملفيل حتى وإن كان يعلم الكثير عن ذلك.

في حوالي عام ١٨١٤، انشغل الألماني جوزيف فرانهوفر بأسلوبه المنهجي؛ فقام بصناعة المعدات البصرية وبدأ بانكسار ضوء الشمس إلى ألوان ليثبت كفاءة المنشور الذي صنعه فحسب. لقد أوضح بتفصيل دقيق الخطوط السوداء في سلسلة الطيف الشمسي التي تزيد بواقع ٥٠٠ خط بما يفوق العدد الذي سرعان ما أُطلق عليه اسم خطوط فرانهوفر.

ابتكر فرانهوفر في عام ١٨٢١ شبكة الحيود كي يسرع من أداء عمله. كانت هذه الآلة نتاج تجربة "الشق المزدوج" التي أثبتها توماس يونج في عام ١٨٠١. أوضح يونج أن الضوء المار من خلال شقين ينكسر إلى العديد من الألوان. ضاعف فرانهوفر من هذا التأثير عن طريق مرور الضوء من خلال المئات من الخطوط المتوازية المخدوشة على قطعة من الزجاج

مما يؤدي إلى ظهور المئات من الشقوق. واكتشف أنه كلما اقتربت هذه الخدوش، انتشرت الألوان بصورة أكبر واستطاع قياسها بصورة أكثر دقة.

إن الخطوط المضيئة التي رآها ملفيل يمكن دراستها باستخدام الشبكات. تم التعرف بعدها مباشرة على "طيف الانبعاث" المتعلق بالعشرات من الغازات الساخنة والمواد الصلبة القابلة للتبخر، واتبع الباحثون اقتراح العالم الإنجليزي جون هيرشل في عام ١٨٢٣ الذي مفاده أن الطيف يمكن استخدامه كدليل يعمل على تعيين العناصر الموجودة في عينة ما. وكعالم من علماء الفلك، كان من الممكن أن يسعد هيرشل بما أدى إليه هذا الاكتشاف.

إسهامات جان لامارك في مجال علم الأحياء

١٨١٥

عُرف عن الفرنسي جان لامارك أنه قد أدرك نظرية التطور بشكل خاطئ (١٨٠٩)، في حين أن تشارلز داروين استطاع أن يدرك تلك النظرية بشكل صائب (١٨٥٩). ولكن، وكما هي الحال مع معظم العلماء، كانت أفضل أفكار معروفة لدى لامارك هي جزء من نبوغ ذلك الشخص العالم. فقد توارثت الأجيال بعده مصطلح "البيولوجي" الذي صاغه ليكون مصطلحًا شاملاً للدراسات الأخرى كافة المنفصلة المتعلقة بالكائنات الحية المتنوعة (علم دراسة النبات وعلم دراسة الحيوان وعلم التشريح وغيرها من العلوم). لم يبتكر لامارك هذا المصطلح ولكن جعله مصطلحًا خاصًا به وجعله منتميًا للأوساط العلمية أيضًا.

على الرغم من أنه دخل متأخرًا في مجال العلوم بعد أن عمل في الكلية والجيش وفي إطار الأعمال المصرفية وأيضًا في مجال الطب، فقد أجاد لامارك واجتهد في بحثه في مجال دراسة علم النبات والموضوعات الأخرى. على الرغم من تلاشي شهرته بعد ذلك، فقد ضمن لامارك لنفسه مكانة داخل الأكاديمية الفرنسية للعلوم عندما كان عمره ٣٤ عامًا فقط تحت رعاية دو بوفون (١٧٤٩) الذي ساعده في نشر أول كتاب له تحت عنوان.

لعب لامارك في عام ١٧٩٣ دورًا جوهريًا في إعادة تنظيم الحدائق النباتية الملكية في متحف التاريخ الطبيعي. فقد تولى أمر جمع الحشرات والديدان وهو الدور الذي يعد أقل مكانة بالنسبة له. فقد كان العلماء العظماء أمثال كارل لينين عام ١٧٥٣ يعتقدون أن ذلك

الأمر لا يستحق الدراسة. بما أنه لا يعلم نقطة انطلاق يبدأ منها، فقد أصبح لامارك خبيرًا في مجال "اللافقاريات" (هي الحيوانات التي ليس لها عمود فقري) وهو المصطلح الذي استحدثه. لقد قام لامارك بتنظيم المجموعات الضخمة والمتفرقة من العينات التي جمعها ووضع مناهج لتصنيفها، مما جعلها ذات تأثير إلى الآن.

في كتابه عن اللافقاريات الذي نُشر في عام ١٨١٥، قام لامارك بفصل المجموعات الرئيسية مميزًا بذلك الحشرات ذات الست أرجل عن طائفة العنكبوتيات ذات الثماني أرجل (مثل العنكبوت)، ويميز القشريات (مثل سرطان البحر وجراد البحر) عن الحلقيات (مثل الديدان الحلقية أو المتقطعة). وسرعان ما اكتشف أن الكثير من اللافقاريات تختلف عن بعضها البعض قليلاً، مما دفعه إلى تطوير نظريته "توارث السمات المكتسبة" لكي يشرح السبب في الصورة التي توجد عليها.

لا ينتمي أصل لامارك إلى طبقة النبلاء (إلا أنه كان يحمل لقب النبيل)، ولكنه كان دائمًا ما يكافح من أجل الاعتراف به وتأمين حياته من الناحية المادية. توفي لامارك عن عمر يناهز ٦٥ عامًا وكان فقيرًا مغمورًا غير معروف ومصابًا بالعمى. تزوج لامارك ثلاث مرات على الأقل وكانت اثنتان من بناته المخلصات له تقومان على رعايته، وقد تم دفنه أخيرًا في مقبرة مؤجرة لمدة خمس سنوات، ثم فقدت بقايا جثته ولا يعلم عنها أحد شيئًا إلى الآن.

إسهامات بيير بلتييه وجوزيف كافنتو في المواد شبه القلوية

١٨١٨ م

لا تعتبر الأدوية العشبية شيئًا جديدًا علينا الآن؛ فجميع الحضارات قد عكفت على استخدام المستخلصات من العديد من النباتات المتنوعة لمحاولة منع أو معالجة الأمراض. وكان لبعض هذه النباتات فعالية تفوق فعالية النباتات الأخرى، وذلك ربما لأن ما تحتويه هذه النباتات من عصارة يعد أكثر فعالية أو ملائمًا بدرجة أكبر من الموقف المستخدم فيه. إن الاستخدام الأفضل لهذه الأدوية يعتمد على معرفة المزيد عن مكوناتها النشطة.

تناول اثنان من الصيادلة الفرنسيين هذه المشكلة بأسلوب منهجي؛ حيث ساورت الشكوك كل من بيير بلتييه و جوزيف كافنتو في أن المكونات النشطة في العديد من النباتات

المفيدة طبيًا تعتبر من فئة المواد الكيميائية التي يطلق عليها اسم "المواد شبه القلوية". غالبًا ما يكون لهذه المواد مذاق لاذع، كما أنها تذوب في الماء وهي إلى حد ما قلوية؛ لذا، فالقليل من الحمض المخفف يمكن أن يقوم بتحويلها إلى أملاح يمكن بلورتها وتنقيتها. وقد استلهما بلتييه و كافنتو هذا الأمر من صيدلي صديق لهما يكبرهما سنًا وهو فريدريك سرترنر الذي كان يعيش على أحد حدود إقليم قامت القوات الفرنسية بغزوه تحت حكم نابليون. ففي حوالي عام ١٨٠٥، اكتشف سرترنر السبب في احتواء الأفيون على تلك الخصائص التي تبعث على النوم المعروفة منذ قديم الأزل. فقد كان الأفيون من المواد شبه القلوية التي تسمى "بالمورفين".

باتباعه النهج نفسه، استخلص كل من بلتييه وكافنتو سلسلة من المواد شبه القلوية من النباتات. وتتضمن هذه السلسلة الكافيين والإمتين من نبات عرق الذهب الباعث على الغثيان ومادة الستركنين السامة ومادة الكينين الأكثر أهمية نظرًا لأنها تعد مضادًا للملاريا وهي توجد في لحاء شجر الكينا المنتشر في أمريكا الجنوبية؛ حيث كانت هذه المادة ذات نفع كبير في المناطق المصابة بمرض الملاريا. إن عملية العثور على هذه المواد الكيميائية وتنقيتها يعني أنه يمكن معالجتها بأسلوب أكثر دقة وأكثر فعالية وأخيرًا يمكن إنتاجها تركيبيًا رغم أن ذلك كان بعيدًا عن إطار التنفيذ لفترة طويلة.

بواسطة حرق المواد شبه القلوية بحرص وحذر وتجميع كل ما يتخلف عن ذلك، اكتشف العالمان بلتييه وكافنتو أنها تحتوي على النيتروجين وأنها ترتبط بطريقة ما بالبروتينيات. يُعرف حتى الآن حوالي ٣٠٠٠ نوع مختلف من المواد شبه القلوية التي تضم مسكنات للآلام مثل الكودبين والعقاقير المفيدة طبيًا مثل الأتروبين والمستخدمة في توسيع حدقة العين بالإضافة إلى المواد الكيميائية التي تُغيب العقل مثل الهيروين ومادة الـ "إل. إس. دي" والتي تستخلص من الفطر الموجود على نبت الحبوب.

استخدم العالمان بلتييه وكافنتو أساليب متشابهة للعثور على بعض المواد الكيميائية غير القلوية التي تعتمد أساسًا على الخضراوات. كانت أكثر هذه المواد أهمية مادة الكلوروفيل، وهي الصبغ الأخضر الذي تحتويه النباتات التي تمتص ضوء الشمس وتخرج الأكسجين (١٧٧٩). وسميت بهذا الاسم الذي يعني باللغة اليونانية "الورق الأخضر".

إسهامات أوجسطين فرينل في مجال دراسة الضوء

١٨١٩م

قدمت الأكاديمية الفرنسية للعلوم في عام ١٨١٩ جائزة لأفضل تفسير لحيود الضوء، تلك الظاهرة الغريبة التي ترى فيها الضوء ينحرف بميل معين بدلاً من الانتقال فقط في خطوط مستقيمة. لقد لوحظت هذه الظاهرة لأول مرة (١٦٦٥) منذ فترة طويلة ثم فسرها بعد ذلك كريستيان هايجنز (١٦٩٠) وآخرون بافتراض أن الضوء عبارة عن شكل من أشكال الحركات الموجية. وقد آن الوقت آنذاك لوضع التفاصيل باستخدام علم الرياضيات حتى يتم التنبؤ بمدى طبيعة تلك الموجات المضيئة أو المظلمة عند نقاط متنوعة خلف جسم معتم.

كان من بين المشاركين للفوز بهذه الجائزة العالم أوجسطين فرينل البالغ من العمر حينئذ ٣١ عامًا. لقد عمل مهندسًا لدى حكومة بلده ودرس الخصائص المتنوعة للضوء في وقت قريب جدًا مثل خاصية الاستقطاب كما وصفها مواطنه إيتين ماليوس (١٨٠٨). ذكر في تحليله شيئًا يبدو غير متوقع بعض الشيء. إذا كان لقرص دائري الشكل ظل معين، فإن النقطة المركزية لهذا الظل والتي من المفترض أن يكون الظلام عندها دامسًا يمكن تمييزها بواسطة النقطة المضيئة. يبدو هذا شيئًا منافيًا للعقل تمامًا مثل اقتراح توماس يونج (١٨٠١) الذي مفاده أنه في حالة سقوط شعاعين من الضوء على النقطة نفسها، يمكن أن ينتج بذلك ظلام.

سرعان ما تم وضع هذا الادعاء سريعًا قيد الاختبار. وأثبت الاختبار أن تفسير فرينل هو الصحيح واستحق الفوز بالجائزة. ومُنح أيضًا بعض التأييد لنظرية تكون الضوء من موجات والتي عارضها معظم العلماء الفرنسيين لصلحة "نظرية الجسيمات الضوئية" التي ترى أن الضوء يتكون في صورة تيارات من الجسيمات. تم انتخابه بعد ذلك في الأكاديمية الفرنسية وحصل على ميدالية رومفورد من الجمعية الملكية في لندن عندما كان يبلغ من العمر ٣٩ عامًا وهو على فراش الموت.

كان للعالم فرينل مكانة خاصة في تاريخ إنشاء المنارات. فقد عمل كسكرتير للجنة المنارة الفرنسية حتى تدهورت صحته، مما دفعه للاستقالة. ومع ذلك، أصبحت عدسة فرينل تستخدم على نطاق واسع في المنارات الموجودة في فرنسا والولايات المتحدة. تعتبر عدسة فرينل من الاكتشافات الرائعة والمؤثرة، كما هي الحال في العدسة المعتادة، فهي تبعث بكل

ذرة من ضوء المصابيح التي يتم استخدام زيت الحوت في إنارتها في ذلك الوقت إلى الدعامة الأفقية لحماية السفن من الغرق. ولكن، لكي تكون تكلفة ذلك الأمر أقل من الناحية المادية وأكثر إضاءة في الوقت نفسه، يمكن رفع تلك العدسة إلى أعلى المنارة. عند ترتيب أشكال المنشور لكي يعمل على انحراف وتوجيه الضوء، تبدو العدسة وكأنها حلقات من الزجاج تم فصلها بعيدًا. تعمل بعض العدسات المكبرة المحمولة الآن اعتمادًا على المبدأ نفسه.

إسهامات فريدريك موهز في مجال دراسة المعادن

١٨٢٠

لم يعثر علماء الجيولوجيا، الذين يحاولون على أرض الواقع تحديد طبيعة المعادن التي بحثوا فيها، على الكثير من المشاهدات التي تدفعهم للاستمرار في عملية البحث؛ حيث يكون لبعضها الخصائص الظاهرية فقط مثل الألوان ودرجة اللمعان. وباتباع أسلوب البحث الذي استخدمه رينيه يوست هوي (١٧٨٤)، استطاع علماء الجيولوجيا استخدام خاصية الانفلاق؛ وهي عبارة عن شكل أجزاء المواد الصلبة عندما يُطرق عليها بالمطرقة. ولكن ينبغي تأجيل التحليل الكيميائي للتعرف على العناصر المكونة لها باستخدام أنبوب نفخ الزجاج (١٧٧٧) حين العودة مرة أخرى إلى المعمل.

في عام ١٨٢٠ تقريبًا، قدم العالم الجيولوجي الألماني فريدريك موهز أداة أخرى في هذا الصدد تمثلت في مقياس درجة الصلابة الذي ما زال يحمل اسمه إلى الآن. الشيء المميز في هذا المقياس هو إمكانية استخدامه بسهولة ويسر في تحديد طبيعة المواد المعدنية على أرض الواقع.

يصنف مقياس موهز المواد المعدنية من ١ وحتى ١٠ طبقًا لصلابة كل منها. إن المواد المعدنية من الدرجة الخامسة تخدش أية مادة معدنية ذات صلابة من الدرجة الرابعة فما أقل من ذلك، ولكن يمكن أن تخدشها المواد المعدنية الأخرى التي تندرج تحت درجة الصلابة السادسة فما أكثر من ذلك. يتمثل المستوى الأول من الصلابة في معدن الطلق الأملس بدرجة تجعل من السهل سحقه وتحويله إلى مسحوق الطلق. يمثل الجبس المستوى الثاني من الصلابة. ويمثل الكالسيت (بلورات الحجر الجيري) المستوى الثالث للصلابة. أما الفلسبار الذي يوجد في شكل بلورات قرنفلية وبيضاء اللون في الجرانيت، فإنه يمثل المستوى السادس للصلابة. أما الكوارتز (السليكا) وهو المكون الرئيسي للرمل والحجر الرملي، فيمثل المستوى السابع للصلابة.

يأتي الكورندم (أكسيد الألومونيوم) بالقرب من نهاية مقياس الصلابة في المستوى التاسع. إن أجزاء من هذا المعدن الذي يعد مشابهًا كيميائيًا للياقوت الأحمر والياقوت الأزرق تثبت على سنفرة الورق لتشكيل المعدن. أما أكثر هذه المواد صلابة على الإطلاق هو الماس حيث يأتي في المستوى العاشر من درجة الصلابة. فقد أوضحت الاختبارات الحديثة أن الماس يعد أكثر صلابة من الكورندم بمقدار أربعة أضعاف وأكثر صلابة من الكوارتز بمقدار ١٥ ضعفًا ومن الطلق بمقدار ١٥٠٠ ضعف.

إسهامات هانز أورستد في مجال دراسة المغناطيسية والكهرباء

١٨٢٠ م

ينسب إلى العالم الدانمركي هانز أورستد شهرته في توضيح – ولأول مرة – الارتباط الواضح بين الكهرباء والمغناطيسية؛ حيث حظي كلا المجالين بدراسات مستفيضة منذ وقت طويل (١٦٠٠) ولكن دون الاعتقاد بأنهما مرتبطان إلى حد بعيد. فقد ادعى البعض أن التفريغ الكهربائي – مثله مثل صاعقة البرق – يمكن أن يؤثر في إبرة البوصلة أو أن يتسبب في أن تكون قطعة من الحديد ممغنطة. ولكن ما من أحد على ما يبدو قد قام بدراسة ذلك الأمر بشكل منهجي.

تميزت ملاحظة العالم أورستد بالبساطة في حد ذاتها. عندما تقترب إبرة البوصلة من سلك ما يحمل تيارًا كهربائيًا، فإن الإبرة تتحرك كما لو أن السلك يعمل عمل المغناطيس. إن التيارات الكهربائية المستمرة كانت متاحة لمدة ٢٠ عامًا منذ مجيء أليساندرو فولتا وابتكاره لبطاريته (١٧٩٦). لذا، فالشيء العجيب هو عدم ملاحظة مثل هذا التأثير من قبل. ربما اكتشف المحامي الإيطالي والفيزيائي الهاوي دومينيكو روماجنوسي تأثيرًا شبيهًا لذلك التأثير في عام ١٨٠٢. وقد نشرت النتائج في صحيفته المحلية ولكن سرعان ما تم إهمالها. كان أورستد أستاذًا بارعًا ولاحظ الآخرون ذلك.

عندما يتدفق التيار، فإن التحول الذي يصيب إبرة البوصلة يشير إلى أن المجال المغناطيسي الجديد يحيط بالسلك في دائرة. ويوحي ذلك بأن هذا التأثير يمكن استخدامه ليدفع السلك الحامل للتيار ويدير المغناطيس وكأنه نوع من المحركات الكهربائية. أخضع مايكل فاراداي في المعهد الملكي في لندن هذه التجربة للاختبار في عام ١٨٢١. ولكن، لم

يكن المحرك الذي استخدمه فاراداي عمليًا بالقدر الكافي، فقد اضطر إلى سحب السلك خلال أسطوانة من الزئبق، وبالفعل نجح في ذلك. وللأسف، نشر فاراداي هذا العمل دون الاعتراف بحق الزملاء الذين ساعدوه. إن حالة الاضطراب التي ترتبت على ذلك جعلته يهمل العمل في الكهرباء والمغناطيسية لمدة ١٠ أعوام (١٨٣١).

كان المغناطيس الكهربائي هو الأكثر إفادة في هذا الصدد، حيث كان يتم عمله عن طريق لف الكثير من الأسلاك لتتحول بذلك إلى ملفات من السلك التي تضاعف قوة المجال بشدة وتجعل له القطبين الشمالي والجنوبي مثل قطب المغناطيس الفعلي. يتحول اتجاه إبرة البوصلة المعلقة في منتصف هذا الملف بطريقة أو بأخرى استجابةً لأصغر تيار كهربي يتدفق في هذا الملف. وهذه الفكرة هي أصل مقياس الجلفانومتر - للكشف عن التيار الكهربي وتعيين اتجاهه - الذي سُمي على غرار اسم العالم لويجي جالفاني (١٧٨٦). في الاختراع الذي تم ابتكاره بعد ذلك مباشرة ألا وهو التلغراف الكهربائي، تمثل ضربات الإبرة ذبذبات التيار المجمعة طبقًا لشفرة ما تسمح بإرسال الرسائل عبر مئات الكيلو مترات.

بحث الفيزيائي الفرنسي أندريه ماري أمبير في مرحلة أبعد من ذلك. إذا كان بإمكان سلك يحمل التيار الكهربي تحريك المغناطيس، فهل من الممكن له أيضًا تحريك سلك آخر يحمل التيار الكهربائي الذي كان مثل المغناطيس الآخر؟ وفي غضون أسبوع من سماعه عن اكتشاف أورستد، توصل أمبير إلى إجابة عن هذا السؤال. واستنادًا إلى الطريقة التي تتدفق بها التيارات الكهربائية، فإن كلا السلكين الحاملين للتيار سيتجاذبان أو يتنافران تمامًا كما هي الحال مع زوج من المغناطيس. كانت هذه المشاهدة بمثابة وعد باكتشاف المحركات الكهربية العملية، كما كانت أيضًا أصل الشهرة الدائمة للفيزيائي أمبير الذي أطلق اسمه - بعد اختصاره - على وحدة التيار الكهربي.

عودة ظهور مذنب إنك

١٨٢٢

إن أكثر المذنبات شهرة هو بالطبع مذنب هالي الذي سُمي بهذا الاسم نسبةً لعالم الفلك الإنجليزي أدموند هالي الذي تنبأ في عام ١٧٠٥ بعودة هذا المذنب في عام ١٧٥٩ – (وهو ما حدث بالفعل). لم يتم تحديد مذنب آخر يتكرر ظهوره إلا بعد ذلك التوقيت بأكثر من قرن. تم اكتشاف المذنبات الأخرى التي تبدو أحيانًا مرة واحدة ولا تعاود الظهور مرتين. بحث عالم الفلك الألماني المنهجي جوهان إنك بين بيانات تم جمعها لعدة أعوام ليوضح أن ظهور المذنبات في الأعوام ١٧٨٦ و١٧٩٥ و١٨٠٦ و١٨١٨ هو ظهور لمذنب واحد. وتنبأ بعودة ظهوره مرة أخرى في عام ١٨٢٢، وبالفعل حدث ذلك. يأتي المذنب إنك كل ٣ أعوام تقريبًا. ولا يأخذ الصورة نفسها التي يبدو عليها مذنب هالي والذي يعد المذنب الوحيد المضيء الذي يمكن للفرد أن يراه مرتين فقط في حياته.

بعد ذلك وفي خلال القرن نفسه، أدرك عالم الفلك الإيطالي جيوفاني شياباريلي (الذي حظي اسمه بمزيد من الشهرة في عام ١٨٧٧ في أثناء اقتراب كوكب المريخ) أن كل مذنب يمر يترك أثرًا له عبارة عن أجزاء من الصخر والغبار التي تكون ساخنة بفعل حرارة الشمس. لذا، فإنه كل مرة أو مرتين في السنة، بينما يمر كوكب الأرض بأثر هذا الحطام، يتم جرف البعض وسحبه في اتجاه كوكب الأرض حيثما يحترق في الغلاف الجوي للأرض وكأنه انهمار نيزكي. وهكذا، فإن كل انهمار نيزكي يستمر لعدة أيام هو بقايا أحد المذنبات.

يحتوي هذا الانهمار أحيانًا على كتل كبيرة تساعد في بقاء الممر الناري وتصل إلى الأرض في صورة نيازك. يجد الكثيرون صعوبة في قبول أن هذه النيازك لها أصول تختلف بل وتبعد كثيرًا عن كوكب الأرض وغلافه الجوي وخاصة عندما تسقط المئات منها في آن واحد كما حدث وتجمعت في بقعة واحدة في عام ١٨٠٣ بفرنسا.

لكن، الشيء المذهل هو الاكتشاف الذي تم التوصل إليه على يد الكيميائي السويدي جونس برزيليوس في عام ١٨٣٤ والذي مفاده أن كل نيزك على الأقل يحتوي على مواد كيميائية مشابهة لتلك التي يمكن الحصول عليها داخل أجسام الكائنات الحية على الأرض، مما أدى إلى إثارة التساؤل الآتي: هل من الممكن أن توجد حياة في مكان آخر في الكون؟ فكر أحد العلماء من أصحاب العقول الخيالية مثل الفيزيائي الإنجليزي طومسون (١٨٤٦) مليًا في

احتمالية أن الحياة بدأت على الأرض في صورة "صخرة مغطاة بالطحالب والتي تحطمت من الجبال الموجودة في عالم آخر" وهو الأمر الذي أدلى به إلى إحدى الجمعيات الشهيرة في عام ١٨٨٩. لم تفقد هذه الرؤية التي تشير إلى أن أصل تكون الحياة على الأرض يرجع إلى الكائنات الحية الدقيقة والمركبات البيوكيميائية استحسانها لدى البعض.

إسهامات سادي كارنو في مجال المحركات البخارية

١٨٢٤

للعالم سادي كارنو أصل عريق في كلا المجالين الهندسي والسياسي. فقد كان والده وزيرًا للحربية في عهد نابليون في الفترة من ١٧٩٩ إلى ١٨٩٧؛ ولكنه استقال بعدها لكي يكرس نفسه لتعليم ولديه. أنهى سادي كارنو دراسته بالكاد قبل أن يقاتل تحت راية نابليون ليدافع عن مدينة فانسيان (التي تقع خارج باريس) ضد الغزاة. لقد نُفي والده عقب سقوط نابليون نهائيًا وأصبح سادي كارنو حينئذ مهندسًا في الجيش. عندما وجد أن العمل لا يروق له، تم تجنيده في القوات الاحتياطية بنصف الأجر وكرس وقت فراغه للدراسة والبحث.

كان كارنو شخصية عملية تهتم بمحركات البخار وهي الآلات التي أدت إلى بدء الثورة الصناعية في فرنسا وفي غيرها من الدول. أراد كارنو أن يجد طريقة للاستفادة من الوقود الذي تستهلكه هذه المحركات. وبلغت هذه الفكرة ذروتها في عام ١٨٢٤ وذلك في كتابه Reflections on the Motive Power of Fire. فقد استطاع رؤية أن محركات البخار أصبحت أكثر كفاءة مع مرور الوقت حيث أصبح لها عمل أكثر إفادة (مثلاً رفع الفحم من المنجم) وهو العمل الذي يمكن تنفيذه باستخدام الكمية نفسها من الوقود المستهلك. هل من حدود تحد من هذا التقدم؟ هل نستطيع يومًا ما تنفيذ عمل آخر يفوق الطاقة المستهلكة لذا تكون الآلة المستخدمة عاملة على الدوام؟

بدأ كارنو بمفهوم الحرارة على أنها مادة عديمة الوزن يُطلق عليها اسم السيال الحراري. على الرغم من أن مفهوم السيال الحراري كشف عنه العالم رومفورد عام ١٧٩٨. فلم يسمح بعض العلماء بسريان الأمر على ذلك المنوال. فلا يمكن تكوين السيال الحراري أو تحليله؛ حيث إنه ينتقل فقط من مكان إلى آخر. في محرك البخار "المثالي" الذي ابتكره كارنو، تندفع الحرارة من المنطقة الساخنة (الغلاية) عبر الأسطوانة، حيثما تتوقف الحرارة وينفذ

العمل المطلوب، إلى المكثف البارد. إن البخار الداخل إلى المكثف كان لا يزال ساخنًا، لذا يتبقى بعض الحرارة التي لم تتم الاستفادة منها في عمل ما. لذا، فعملية فقد جزء من الطاقة شيء لازم الحدوث ولن نستطيع الحصول على الطاقة الدائمة. إن ضبط الفرق بين درجة حرارة البداية والنهاية على أقصى درجة قدر المستطاع من الممكن أن يقلل من كفاءة العمل.

فكر كارنو في أن يعمل المحرك الذي يقوم باختراعه بعكس هذا الأسلوب، بمعنى أن الطاقة تدخل في ظل درجة حرارة منخفضة حتى تصل إلى درجة حرارة أعلى. يتطلب هذا مقدارًا من الشغل يتساوى مع ما يقوم به المحرك عندما تنخفض درجة الحرارة بشكل مفاجئ. تشكلت هذه الأفكار فيما بعد لتُكون "قانوني الديناميكا الحرارية"؛ حيث إن هذين القانونين يشيران إلى ذلك العلم القائم على الشغل والحرارة. توفي كارنو إثر إصابته بمرض الكوليرا قبل أقل من عقد من ظهور كتابه وقبل أن يحقق تقدمًا آخر في المجال نفسه. لم يتم الانتباه إلى إسهاماته في هذا الصدد حتى عام ١٨٥٠.

التوصل إلى وحدات الفولت والأمبير والأوم

١٨٢٦

في مجال الكهرباء الحديثة، أصبحت أسماء العلماء البارزين في هذا المجال جزءًا من اللغة. تخلد اسم الفرنسي أندريه ماري أمبير في وحدة التيار الكهربي (والمعروفة باسم أمبير). وطبقًا للتعريف الخاص بتلك الوحدة، فإن التيار الذي مقداره واحد أمبير يتحرك بمقدار واحد كولوم من الشحنة في كل ثانية. ومن ثم، فإنه بالطريقة نفسها تم تكريم مواطنه المعاصر له في القرن الثامن عشر ألا وهو شارل كولوم الذي اكتشف قانون القوى بين الشحنات الكهربية (١٧٨٥).

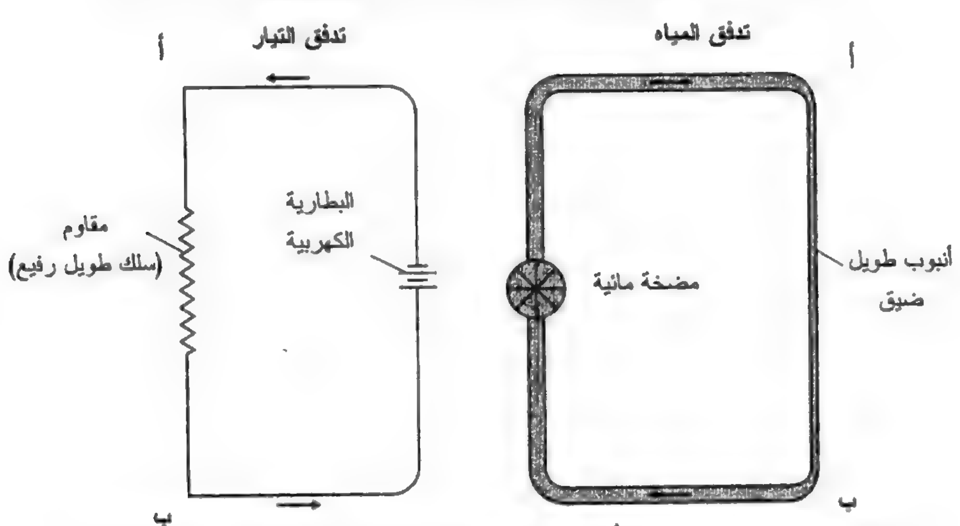
من الممكن عقد مقارنة بين الكهرباء التي تتدفق في سلك ما وبين المياه المارة بأحد الأنابيب. إن التيار الكهربي (مثل وحدات الكولوم في الثانية الواحدة) يماثله العديد من لترات المياه في الثانية الواحدة. ثمة شيئان يتحكمان في كمية المياه التي تتدفق؛ أحدهما هو الضغط. كما توضح التجربة، فإن الضغط الشديد يعني تدفق أكبر للمياه (إذ لم ينفجر الأنبوب). يُطلق على الضغط الكهربائي الآن في الغالب مصطلح الجهد (Voltage)، على الرغم من أننا لا زلنا نسمع بعض الكلمات التي كانت دارجة قديمًا مثل "فرق الجهد" (خاصة الجهد العالي). أما وحدة قياس الضغط الكهربائي فهي "الفولت"، ذلك المصطلح

الذي يستدعي اسم العالم أليساندرو فولتا الذي قام بإنتاج أول التيارات الكهربائية المستمرة باستخدام البطارية الخاصة به في عام ١٧٩٦.

قوانين التيارات الكهربية

قانون أوم: إذا كان الرمز V يعبر عن الجهد بوحدة الفولت عند مرور التيار الكهربي عبر موصل، والرمز I يعبر عن شدة التيار بوحدة الأمبير من خلال الموصل والرمز R يعبر عن مقاومة الموصل بوحدة الأوم، فإنه يمكن حساب الجهد من خلال حاصل ضرب شدة التيار في مقاومة الموصل ($V = I \times R$).

قانون جول: إذا كان الرمز P يعبر عن معدل فقد الطاقة (بفعل الحرارة) في الموصل بوحدة الوات (وحدات الجول في الثانية)، فإن $P = I \times V$ ويتبع ذلك أن $P = I^2R$. لذا، فإن السخان الذي يعمل بطاقة قدرها ٢٤٠٠ وات في دائرة جهدها ٢٤٠ فولت يسحب تيارًا كهربيًا شدته ١٠ أمبير ومقاومته ٢٤ أوم.



في الدائرة التي توجد على اليمين، تتسبب المضخة المائية في وجود فرق في الضغط بين الدائرتين (أ) و(ب)، مما يدفع المياه خلال الأنبوب. أما الدائرة الموجودة على اليسار، فإن البطارية الكهربية تقوم بالعملية ذاتها حيث إن فرق الضغط أو "الجهد" فيما بين (أ) و(ب) دفع التيار الكهربي عبر الأسلاك.



إن معدل تدفق المياه (باللتر في الثانية) وسريان التيار الكهربائي (المقاس بوحدات الكولوم في الثانية أو بالأمبير) يعتمد كل منهما على الضغط وعلى "المقاومة" في كل من الأنبوب أو السلك. فالأنابيب الطويلة الضيقة والأسلاك الطويلة الرفيعة لها قدرة على المقاومة بشكل أكبر من تلك القصيرة والعريضة.
في كلتا الحالتين، يتساوى التدفق مع الضغط مقسومًا على المقاومة. وتعبر تلك الصيغة عن نص قانون أوم.

الشيء الآخر الذي يؤثر في تدفق المياه هو مقاومة الأنبوب. وعمومًا، كلما كان الأنبوب أطول وأضيق، قل بذلك الماء المتدفق خلاله في وقت معين، وذلك لأن الأنبوب يقاوم التدفق الغزير للمياه. تعمل الأسلاك التي تحمل التيار الكهربائي بالطريقة نفسها. ويتم قياس المقاومة الكهربائية بوحدات الأوم، ذلك المصطلح الذي تم اشتقاقه من اسم الهولندي جورج أوم. كان أوم مجربًا منهجيًا يتسم بالحرص والحذر في مجاله. ففي عام ١٨٢٦، استخدم الوحدات المختلفة جميعًا مع بعضها البعض في قانون أوم الشهير والذي اعتمد فيه على المشاهدات التي جمعها.

استنادًا إلى الحقيقة التي مفادها أن المزيد من الضغط الكهربائي يزيد من التيار في حين أن المقاومة الزائدة تقلل منه، استطاع أوم أن يصيغ القانون الآتي: التيار (ورمزه I) المقاس بوحدة الأمبير يساوي الجهد (ورمزه V) المقاس بوحدة الفولت مقسومًا على المقاومة (ورمزها R) المقاسة بوحدة الأوم. لقد أدى ذلك القانون أيضًا إلى الوصول إلى تعريف لوحدة الأوم؛ حيث يتطلب وجود واحد فولت لدفع واحد أمبير عبر مقاومة قدرها واحد أوم. تجدر الإشارة إلى أن الأسلاك الطويلة الرفيعة لها "مقاومة أكبر" من تلك القصيرة السميكة.

في الوقت الذي نستخدم فيه الرموز "v" و"a" كرموز مختصرة للتعبير عن الفولت والأمبير، فإن الرمز الذي اختير ليشير إلى وحدة الأوم هو الحرف اليوناني Ω، ربما لأن نطق هذا الحرف شبيه بالاسم أوم. من المؤكد أن مثل هذه التعقيدات تفوق الحكمة العملية للعلماء أنفسهم. يمكن أن تكون الدقة في القياسات والحسابات من الأمور الحيوية إذا تم استخدام الكهرباء بشكل مؤثر وفعال، الأمر الذي حدث بعد ذلك بأساليب عدة غيرت من حياتنا.

بدء التفكير في "الصوبة الزجاجية"

١٨٢٧

أصبحت ظاهرة "ارتفاع حرارة الكون" وكذلك "الارتفاع التدريجي لحرارة الأرض" من الموضوعات المثيرة في القرن الحادي والعشرين، وبالرغم من ذلك فقد أثير الجدل حول هذه الموضوعات منذ حوالي ٢٠٠ عام. ربما أول من عبر عن هذا الرأي هو الفرنسي جوزيف فورييه الذي نجا من محاولات الإعدام بالمقصلة ليس أقل من أربع مرات في أثناء قيام الثورة الفرنسية. بذل فورييه جهدًا مضنيًا في البحث في مجال الحرارة وأدرك أن سطح الأرض أكثر دفئًا مما ينبغي أن يكون عليه، مستمدًا تلك الطاقة من حرارة الشمس. واقترح في عام ١٨٢٧ أن الغلاف الجوي للأرض قد تعرض بشكل مبالغ فيه للحرارة – وهو الأمر الذي يشبه قليلاً زجاج الصوبة – مما يحافظ على دفء الأرض بدرجة كافية للشعور بالراحة وضمان الحياة في واقع الأمر. حينئذٍ، دخلت ظاهرة "تأثير البيوت الزجاجية" لأول مرة في اللغة.

يمكن للجزيئات أن تمتص الحرارة بطرق عدة مثل التحرك سريعًا أو الدوران سريعًا أو الاهتزاز بصورة أسرع. كلما زاد عدد الذرات داخل الجزيء الواحد، تعددت بذلك أساليب الحركة الخاصة بذلك الجزيء وكذلك زاد امتصاصه للحرارة. يتكون الهواء في الغالب من خليط من الأكسجين والنيتروجين وهما الغازان اللذان تحتوي جزيئاتهما على ذرتين فقط. تعتبر هذه الذرات شفافة تقريبًا لكي تعمل على تسخين الإشعاع فضلاً عن السماح بمروره من سطح الأرض مرتدًا إلى الفضاء. لذا، ربما يكون المسئول عن "تأثير البيوت الزجاجية" هو بخار الماء وثاني أكسيد الكربون والأكاسيد الأخرى المتنوعة لغاز النيتروجين حيث إن كلاً منها يحتوي على ثلاث ذرات في كل جزيء. تعد "الغازات المسببة لارتفاع حرارة الأرض" (كما يمكننا أن نُطلق عليها اليوم) غازات غير منفذة للحرارة تقريبًا؛ فهي تعمل على إعاقتها كلما حاولت الهروب؛ ومن ثم، تعمل على تدفئة الغلاف الجوي المنخفض.

أما بعد فورييه، كان الجدال (بين القلة المهتمين بهذا الأمر) حول أي من الغازات الموجودة في الغلاف الجوي لها أكبر قدرة على صد الحرارة. قام العالم الأيرلندي جون تندل بأكبر دراسة حول قدرة الغازات المتنوعة على صد الحرارة. وأثار الجدال القائم في حوالي عام ١٨٦٣ بشأن بخار الماء. فقد اعتقد أنه لو لم يوجد بخار الماء، لساد الثلج والصقيع كوكب الأرض.

كان المرشح الآخر لهذا التأثير هو غاز ثاني أكسيد الكربون. يعتبر هذا الغاز أيضًا مسئولاً عن حدوث تلك الظاهرة (١٨٩٥).

إسهامات روبرت براون في مجال دراسة الذرات

١٨٢٧

عندما انطلق البحار ماثيو فليندرز في رحلة في عام ١٨٠١ على سفينته لكي يقوم برسم الخط الساحلي للقارة التي أُطلق عليها فيما بعد اسم قارة أستراليا، ضم الفريق العلمي الذي اصطحبه فليندرز العالم البيولوجي الاسكتلندي روبرت براون. استقر براون في أستراليا ليقوم بجمع العينات وعندما عاد إلى بريطانيا أصبح مساعدًا للعالم جوزيف بانكس عام ١٧٧٨ في الحدائق النباتية الملكية في كيو بإنجلترا. عندما توفي بانكس في عام ١٨٢٠، تم التبرع "بالمعشبة" الخاصة به والمكونة من النباتات المجففة إلى المتحف البريطاني. أصبح براون القائم الأول على حماية المجموعة النباتية. وكان أيضًا أول من لمح عن الجزء المركزي الدقيق جدًا لخلية النبات التي سميت "بالنواة" ولكن سيتم تناول هذا الاكتشاف فيما بعد (١٨٣٨).

يعد جميع ما ذكر بأعلى مؤثرًا حقًا ولكنه ليس السبب وراء بقاء اسم براون حتى الآن. ففي عام ١٨٢٧، أمعن براون النظر مستخدمًا الميكروسكوب في بعض حبوب اللقاح في الماء. فبدلاً من أن تطفو هذه الحبوب في الماء كما هو متوقع دون حراك، تحركت حبوب اللقاح ذهابًا وإيابًا ولكن بسرعة فائقة. فاعتقادًا منه أن حبوب اللقاح ربما تكون في حركة مستمرة نظرًا لأنها تنتمي لفئة الكائنات الحية، فقد استعاض براون عنها بجسيمات من الغبار. تمثلت النتيجة المترتبة على ذلك في حركة هذه الجسيمات بالطريقة نفسها. ولا زالت تُعرف هذه المشاهدة حتى الآن باسم "حركة براون" والتي استمرت لغزًا لمدة ٧٠ عامًا.

يرجع الفضل في حل هذا اللغز لحساب العالم ألبرت آينشتاين في عام ١٩٠٥. ولكن خمن البعض الحل وقاموا بالعديد من الحسابات الرياضية بصددها. وأدركوا أن عالم النبات براون قد توصل إلى ما ظل يبحث عنه الفيزيائيون لعدة عقود لأن هذه الملاحظة التي سجلها تعد الدليل الواقعي على وجود الذرات والجزيئات. استمرت "النظرية الذرية" لمدة تزيد عن ٢٠٠ عام (١٦٢٤) وأفادت كثيرًا في تفسير أنواع القضايا كافة في علم الفيزياء (١٦٥٩)

وكـذلك علـم الكيميـاء (١٨٠٨). ولكـن وكمـا حـدث مـع جـاليليو في موضـوع دوران الأرض (١٦٣٣)، لم يكن ثمة دليل واقعي على وجود الذرات. أما الآن، فقد توصل العلمـاء إلى هـذا الدليل. يتمثل أفضل تفسير لحركة أجزاء حبوب اللقاح والغبـار في أنهـا اصـطدمت بـصورة مستمرة بالجسيمات الدقيقة جدًا (الجزيئات) الموجودة بالماء في أثناء الحركة، فهي مجموعة من المثيرات التي لا حـصر لهـا تحـذف بعـضها الـبعض ولكـن يمكـن الإشـارة إلى إمكانيـة حدوثها بالفعل.

ربما كان الناس في ذلك الوقت يعيشون في ظل عـالم مـن الفرضـيات. فتهتـز الجـسيمات كما لو أنها اصطدمت بالذرات. ربما يوجد تفسير آخر، ولكن يبدو هذا التفسير القـائم علـى مفهوم الذرات هو الأفضل، حيث إن هناك شيئًا تستطيع رؤيته وليس مجرد قياسه.

إسهامات فريدريك فولر في علم الكيمياء

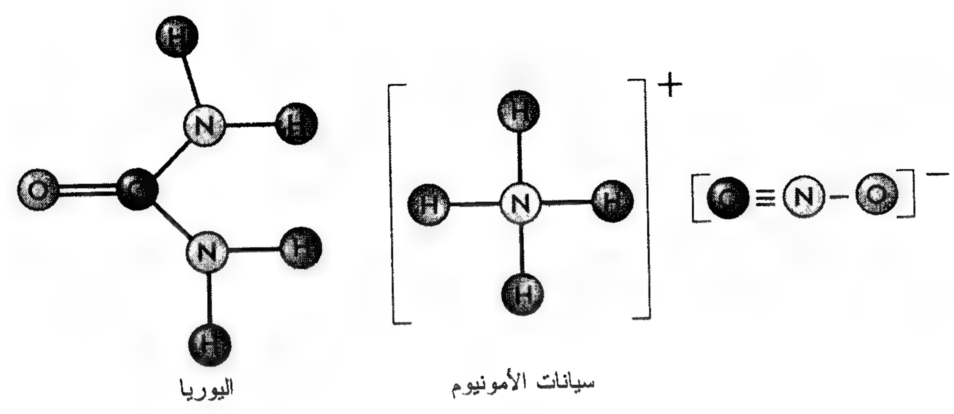
١٨٢٨

إن الحد الفاصل بين الكائنات الحية والكائنات غير الحيـة الـذي كـان واضحًا من قبل أصبح بعد مرور سنوات عديدة يـشوبه شـيئًا مـن الغمـوض. فقد أوضحت التجارب – على سبيل المثال – أن كل من الشمعة المحترقـة والحيوان الذي يتنفس يستهلكان الأكسجين ويطلقان ثاني أكسيد الكربون. لذا، فإن عمليتي الاحتراق والتنفس تتشابهان تمامًا. كما بدا أن الكهرباء في عملية الإضاءة هي بشكل أساسـي الكهرباء نفسها التي تتولد بواسطة الأنقليس أو تلك الكهرباء الحيوانية التي أوضح لـويجي جالفاني عام ١٧٨٦ أنها تعمل علـى تحريـك العـضلات. لكـن، اسـتمر بعـض البـاحثين في الادعاء أنه مهما كانت الآراء التي يشير إليها كل من علمي الكيمياء والفيزيـاء مختلفـة عـن آرائهم، فإن الكائنات الحية بالنسبة لهم تتمتع بشيء ما يجعلـها متميـزة، وهـو مـا أطلقـوا عليه المبدأ الحيوي الذي لا يمكن أن يخضع أبدًا للبحث أو الدراسة.

إن الاكتشاف المدهش الذي توصل إليـه العـالم فريـدريك فـولر كـان بمثابـة ضـربة قويـة لأصحاب المذهب الحيوي. وكشاب ألماني طموح في مجال البحث عـن أفـضل أنـواع التعلـيم الكيميائي في عصره، سافر فولر إلى السويد لكي يعمل مع الكيميائي البارع جونس برزيليوس عام ١٨١٤ وقد ظل على صلة قوية جدًا به طوال الخمسين عامًا التي عمـل خلالهـا كأسـتاذ للكيمياء في مدينة جوتينجن حينما عاد مرة أخرى إلى ألمانيـا. وفي عـام ١٨٢٨، حـاول فـولر

تحضير مركب سيانات الأمونيـوم الكيميـائي. فقد قام بمـزج سيانات الفـضة مـع كلوريـد الأمونيوم وانتهى به الأمر إلى إنتاج مجموعة متنوعة من البلـورات الـصافية. ومـع ذلـك، لم يعمل هذا المركب الذي قام بمزجه عمل سيانات الأمونيوم، وذلك لسبب واحـد هـو أن هـذه البلورات لا تلمع وتطلق غاز ثاني أكسيد الكربون عند إضافة نوع ما من الأحمـاض. ولكنهـا في الواقع، تشبه بلورات اليوريا وتؤدي وظيفتها. واليوريا هي المادة الكيميائية التي تصنعها الحيوانات وتطرح بها كأحد المخلفات في البول، وهو الأمر الذي اكتـشفه هيرمـان بويرهـاف قبل ذلك بمائة عام (١٧٢٤).

بعد إجراء العديد من التجارب، قام فولر بتحليل المركب الذي قـام بتحـضيره واكتـشف أن لهذا المركب تركيبًا مماثلاً لمركب اليوريا نفسه؛ فكل جزيء منه يتكـون مـن ذرة واحـدة من الكربون وأخرى من الأكسجين وذرتين من النـيتروجين وأربـع ذرات مـن الهيـدروجين. وهي المكونات نفسها الذي يحتوي عليها مركب سيانات الأمونيوم. ولكنهـا تختلـف تمامًـا في طريقة التحضير. ينتج أحد المركبين من الكائنات الحية والآخر من المواد الكيميائيـة غـير الحية. وبناءً عليه، فإنه ليس هناك أي وجود لأية قوة حيوية.



لجزيئات مركبي اليوريا وسيانات الأمونيوم العدد نفسه من الذرات (أربـع ذرات مـن الهيـدروجين وذرتان من النيتروجين وذرة واحدة من الكربون وأخـرى مـن الأكـسجين). لكنهـا تترتـب وتتحـد بشكل مختلف عن بعضها البعض.

في حالة مركب اليوريا، تتحد جميع الذرات بواسطة الرابطة التـساهمية المعروفـة منـذ عـام ١٩٢٨. أما مركب سيانات الأمونيوم، فيكون في صورة جـزأين (الأيونـات) يرتبطـان ببعـضها الـبعض عـن طريق التجاذب الكهربائي؛ لكن هذين الجـزأين يمكـن فـصلهما إذا مـا تم إذابتهمـا. وهكـذا، فـإن الترتيب المختلف لذرات كل من المركبين يجعل كلاً منهما يتميز بخواص مختلفة تمامًا.

لم يستطع فولر كبح انفعاله وحماسه الشديد، وكتب إلى معلمه المتميز برزيليوس يقول: "لم أعد أتحمل الكتمان والصبر. ينبغي أن أكشف عما توصلت إليه؛ فقد صنعت اليوريا دون الحاجة إلى كلية من إنسان أو حيوان، فمركب سيانات الأمونيوم هو نفسه مركب اليوريا". كان برزيليوس يميل إلى النزعة الحيوية وقد وجد أن تلميذه متحمس. فإذا كان الأمر صحيحًا، فإنه لا يظهر له ذلك؛ ربما لأنه يعلم بالفعل الإجابة عن السؤال الأساسي: كيف يكون لمركبين مختلفين اختلافًا تامًا التركيب ذاته؟ والإجابة تكمن في التركيب الذري (برزيليوس ١٨٤٨).

إسهامات جوهان دوبرينر في ترتيب العناصر (١)

١٨٢٩

بحلول القرن التاسع عشر، ازداد عدد العناصر الكيميائية المعروفة بشكل كبير للغاية. فقد عفا الدهر عن الترتيب البسيط للعناصر الأربعة التي اقترحها اليونانيون القدامى. وقد تعرف العلماء في الواقع، على ٩ عناصر ينطبق عليها التعريف الذي تم تطويره على يد الكيميائي روبرت بويل في عام ١٦٦١، وهذه العناصر هي المعادن السبعة: الذهب والفضة والحديد والقصدير والرصاص والنحاس والزئبق، إلى جانب الكربون والكبريت. وبحلول عام ١٧٠٠، اشتمل جدول العناصر على كل من الزرنيخ والأنتيمون والبزموث والفسفور. وقد أضيفت الغازات، مثل: الأكسجين والنيتروجين والهيدروجين والكلور في القرن الثامن عشر إلى جانب عدد كبير من المعادن؛ منها الكوبلت والبلاتين والزنك والماغنسيوم والنيكل والتنجستن واليورانيوم.

في القرن التاسع عشر، تم استخراج العديد من العناصر من المعادن. ومن هذه العناصر الصوديوم والبوتاسيوم اللذين استخرجهما همفري دايفي من بعض المركبات باستخدام الكهرباء عام ١٨٠٧. بعد ذلك، اُكتشف السليكون والبروم واليود وعناصر أخرى مثل الألومنيوم. وبحلول ثلاثينيات القرن التاسع عشر، ضم جدول العناصر ٥٥ مادة غير قابلة للتحلل إلى عناصر أخرى أبسط. ولكن ما العدد الذي تنتهي عنده هذه العناصر؟ لماذا كان عددها كبيرًا؟ هل من نسق يقوم على ترتيبها؟

في هذا الشأن، عرض عالم الكيمياء الألماني جوهان دوبرينر أولى أفكاره في عام ١٨٢٩. فقد صنف كل من الكلور والبروم واليود في مجموعة واحدة؛ بحيث يقع البروم في المنتصف

تقريبًا فيما بين العنصرين الآخرين من حيث الخواص. فالكلور هو أحد الغازات التي توجد تحت درجة الحرارة العادية والبروم من السوائل، أما اليود فمن العناصر الصلبة. كما أن الكلور هو أكثر العناصر الثلاثة تفاعليةً، أما اليود فأقلها. وفيما يتعلق بالوزن الذري (دالتون ١٨٠٨)، فإن البروم يأتي تقريبًا في المنتصف بين الكلور واليود.

كان هذا أول تصنيف ثلاثي وضعه دوبرينر. ثم توصل إلى نوعين آخرين من التصنيفات الثلاثية ذات تدريج متشابه ومنظم من الخواص الكيميائية وهما التصنيف الثلاثي الأول وهو: الكالسيوم والسترونسيوم والباريوم، والتصنيف الثلاثي الآخر وهو: الكبريت والسلنيوم والتلوريوم. لكن توقف دوبرينر عند هذا الحد، حيث لا يتناسب أي عنصر من العناصر الأخرى الباقية التي يصل عددها إلى ٥٥ في أن يُكون مع الآخر تصنيفاً ثلاثيًا. قد تكون هذه المجموعات الثلاثية التي صنفها دوبرينر ضربًا من ضروب الحظ. لكن، لم ينبهر العلماء جميعهم بهذا النسق على الرغم من رغبة معظمهم في وجود نسق يتم من خلاله الترتيب بين العناصر. لكن، توصل العلماء إلى هذا التصنيف الآخر عام ١٨٦٤.

إسهامات تشارلز ليل في الجيولوجيا

١٨٢٩

عندما أبحر تشارلز داروين بصفته واحد من علماء الطبيعة على متن السفينة Beagle عام ١٨٣٦، حمل معه المجلد الأول من كتاب Principles of Geology الذي قام بتأليفه الإنجليزي تشارلز ليل ليناقش مبادئ علم الجيولوجيا. وقد لحق به المجلدان الثاني والثالث، اللذان نشرا بعد ذلك، بواسطة الطرد البريدي. كان داروين كثيرًا ما يذكر أنه يدين بالفضل الكبير للإنجليزي ليل ونظرية التغير التدريجي التي قدمها. وقد اعترف ألفرد والاس الذي قام بترسيخ وتطوير مبادئ نظرية التطور عام ١٨٥٨ بالفضل نفسه لهذا العالم.

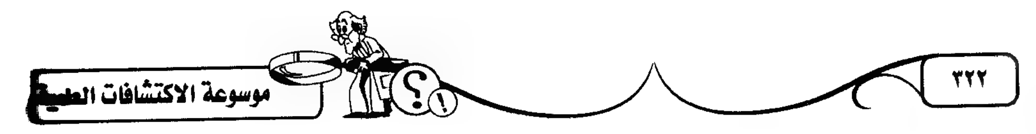
أصبح ليل واحدًا من أقوى المؤيدين للعالم داروين عام ١٨٧١ وقد كان له دور مؤثر في تنظيم الاجتماع المشترك في عام ١٨٥٨ الذي أذيعت فيه نظريات كل من داروين ووالاس علنًا لأول مرة. عارض ليل من قبل مفهوم التطور واستخف بأفكار لامارك عام ١٨٠٩ ولم يقبل على الإطلاق نظرية الانتخاب الطبيعي التي ابتكرها داروين عام ١٨٥٩، على الرغم من اقتناعه في النهاية بحدوث عملية التطور.

في إطار الفكرة التي قدمها جيمس هاتون (١٧٧٨)، اعتقد ليل أن الصخور تتراكم عبر مرور السنين، مشكلةً بذلك تسجيل راسخ للعصور وأشكال الحياة في الماضي. وباستخدام الحفريات كما فعل وليم سميث، قام بتقسيم المجموعة الحديثة من الصخور التي ذكر أنها تمثل العصر الثالث إلى ثلاث أقسام هي عصر الأيوسين (العصر الحديث السابق) وعصر الميوسين (العصر الحديث الوسيط) وعصر البليوسين (العصر الحديث القريب). وقد ساعده وليم ويرويل عام ١٨٣٣ في ابتكار هذه الأسماء.

قام ليل بدراسة مجموعة رئيسية من الصخور تختلف عن كل من الصخور الرسوبية (مثل الحجر الرملي والطفل الذي يترسب تحت الماء) والصخور النارية (مثل صخور البازلت والجرانيت التي انصهرت في إحدى المرات). وقد أطلق على المجموعة الثالثة اسم الصخور المتحولة والتي جادل في أنها نتجت عن الحرارة والضغط الشديدين أو أنها نتجت عن الصخور المنصهرة (الصخور البركانية) القريبة منها. وبهذا الشكل، أصبح الحجر الجيري رخامًا والطفل تحول إلى أردواز.

يعد كتاب Principles of Geology للعالم ليل هو أكثر الكتب تأثيرًا؛ حيث ظهرت منه ١٢ نسخة على مدار ٥٠ عامًا. يشرح العنوان الفرعي للكتاب الهدف منه والذي يتمثل في محاولة تفسير التغيرات الطارئة على سطح الأرض بالرجوع إلى الأسباب المتاحة الآن. أصبحت فكرة التغير التدريجي هي الفكرة السائدة والمقبولة واختفت النظرية المعارضة والمنافسة التي تنص على أن سطح الأرض قد تكون نتيجة التغير المفاجئ للقشرة الخارجية للأرض بفعل حدوث بعض الكوارث (١٧٧٨)، على الأقل حتى وقت قريب.

تدرب ليل وعمل في مجال المحاماة في بادئ الأمر، ولكن المحاضرات التي كان يلقيها وليم باكلاند في جامعة أوكسفورد غيرت مجرى حياته. ونظرًا لممتلكاته التي كان يمتلكها في اسكتلندا، فقد كان ليل، شأنه في ذلك شأن داروين، عالم من علماء طبقة النبلاء. فقد كان فارسًا ولقب بالنبيل. وكما هو الحال عند جميع العلماء الإنجليز العظام، دُفن ليل بالقرب من المكان الذي دفن فيه إسحاق نيوتن.



إسهامات مايكل فاراداي وجوزيف هنري في توليد الكهرباء

١٨٣١

عاد عالم الفيزياء الإنجليزي مايكل فاراداي (١٨١٣) صاحب الإنجازات والإسهامات العظيمة إلى دراسة الكهرباء والمغناطيسية في عام ١٨٣١ بعد عقد من الامتناع عن دراستها إثر قضية اختراع الموتور الكهربائي (أورستد – ١٨٢٠). وكانت نقطة الانطلاق بالنسبة له هي العلاقة الوثيقة التي اكتشفها هانز أورستد بين الكهرباء والمغناطيسية؛ وهي أن أي تيار كهربائي يسري في أحد الأسلاك يكون محاطًا بمجال مغناطيسي. والسؤال الذي يطرح نفسه الآن هو: إذا أمكن توليد الكهرباء للمغناطيسية، هل تستطيع المغناطيسية توليد الكهرباء؟

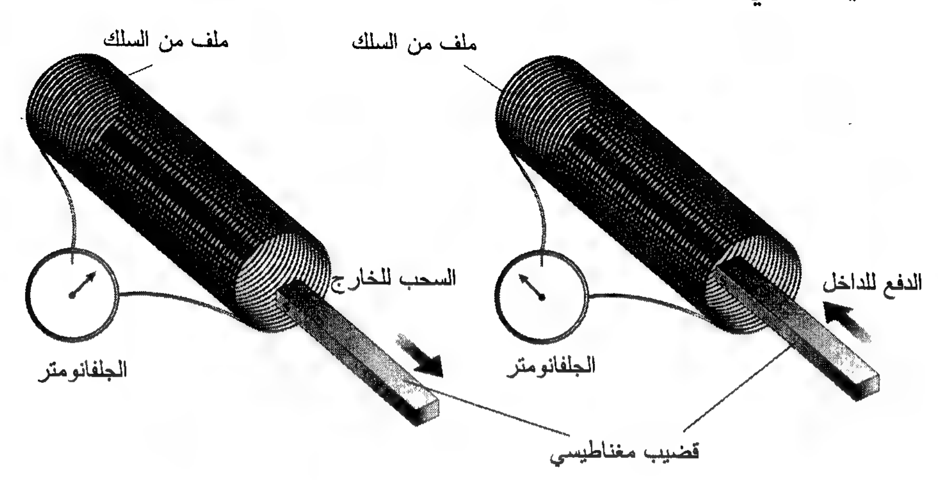
يستطيع أي منا إجراء التجربة التي قام بها فاراداي. فقد قام بلف أحد الأسلاك عدة مرات حول أحد جانبي حلقة معدنية وقام بتوصيل الطرفين ببطارية ومفتاح كهربائي. ثم قام بلف سلك آخر حول الجانب الآخر من الحلقة وقام بتوصيله بجهاز ما كالجلفانومتر حتى يشير إلى التيارات الكهربائية التي تسري في الأسلاك. وقد أمل فاراداي في تفسير أن التيار الكهربائي المتدفق في أحد ملفات السلك يجعل التيار يتدفق في الجانب الآخر؛ أي أن الاتصال بينهما يكون عبر المجال المغناطيسي.

لكن لم يحدث شيء من هذا القبيل. فعندما قام فاراداي بتشغيل التيار في الملف الأول، ضربت إبرة الجلفانومتر ضربًا سريعًا وتحركت في اتجاه واحد قبل أن تستقر عند نقطة الصفر. وعند إيقاف التيار، ضربت الإبرة على النحو نفسه ولكن تحركت في الاتجاه الآخر واستقرت على الوضع الصفري أيضًا. لذا، ينبغي تغيير المجال المغناطيسي وضبطه بحيث يكون أقوى أو أضعف قبل أن يتدفق التيار الكهربائي. ثمة أساليب أخرى لتغيير المجال المغناطيسي عن طريق الملف، حرك ببساطة قضيب مغناطيسي للداخل وللخارج؛ أو ادفع القضيب داخل الملف، ستلاحظ تدفق تيار لفترة وجيزة. أما عند الاحتفاظ به في الوضع الثابت، فلن يحدث أي شيء. وعند سحب المغناطيس إلى الخارج، يتولد تيار آخر؛ ولكنه في الاتجاه المضاد للتيار الأول.

بمرور ١٠ أيام من العمل المضني، توصل فاراداي إلى الحث الكهرومغناطيسي. بمعنى أن المجال المغناطيسي المتغير يحث التيار على التدفق في السلك. والنتائج العملية أوضحت ذلك

تمامًا. فالآلة التي تحتوي على مغناطيس وملفات من السلك وتتحرك باستمرار بالتناسب مع بعضها البعض تعمل على توليد تيار كهربائي مستمر. (حتى وإن كان التيار المتردد يتدفق ذهابًا وإيابًا). من الجدير بالذكر أن هذا الأسلوب قد أفسح المجال لصناعة المولدات التي تعمل على توليد الكهرباء مصدر الحياة في المجتمعات العصرية.

تم التوصل إلى أحد الاكتشافات المماثلة في العام نفسه على يد أحد فلاسفة الطبيعة، ويدعى جوزيف هنري. يعتبر جوزيف هنري الشخصية الثانية البارزة في مجال تطور العلوم الأمريكية بعد العالم المتميز في العديد من الجوانب العلمية بنيامين فرانكلين (١٧٥١) والمغامر في مجال الكيمياء بنيامين طومسون (١٧٩٨). لقد تساوى معهما أو تفوق عنهما في مجال البحث بصفته واحد من كبار رجال العمل. في عام ١٨٤٦، ترك العمل في الجامعة التي سميت بعد ذلك جامعة برينستون ليصبح السكرتير الأول للجمعية السمثسونية في واشنطن والتي تعتبر الآن واحدة من أعظم متاحف ومختبرات العلوم والتكنولوجيا في العالم. وقد ساعد أيضًا في إنشاء الأكاديمية القومية للعلوم؛ وهي الأكاديمية المساوية للجمعية الملكية وكان هنري هو ثاني رئيس لها.



يوضح هذا الشكل العلاقة التي تربط بين الكهرباء والمغناطيسية. تجعل عملية دفع القضيب المغناطيسي داخل ملف السلك المجال المغناطيسي أقوى، كما تحث أحد التيارات على السريان في اتجاه واحد عبر الملف (كما هو موضح بواسطة جهاز الجلفانومتر). أما عملية سحب القضيب المغناطيسي للخارج، فتضعف المجال وترسل التيار إلى الاتجاه الآخر. يتدفق التيار فقط حينما يتحرك المغناطيس (ويتغير بذلك المجال المغناطيسي). وكلما كانت حركة القضيب المغناطيسي أسرع، زادت قوة التيار المتدفق.

أبعدت هذه القوانين هنري بعيدًا عن مجال بحثه، ولكن بعد أن ذاع صيته بالفعل. ففي عشرينيات القرن التاسع عشر، استفاد من اكتشاف الكهرومغناطيسية وصنع أقطاب كهرومغناطيسية قوية عن طريق لف آلاف من العقد أو الحلقات السلكية التي تحمل التيار حول قضبان من الحديد. فبعض منها أمد أول تلغراف كهربائي بالطاقة، ذلك التلغراف الذي سمح بإرسال تقارير سريعة تضم معلومات متعلقة بحالة الجو والتنبؤات الخاصة بها. علاوةً على ذلك، كان للعالم هنري دور مؤثر وفعال في تأسيس نظام قومي في الولايات المتحدة الأمريكية لهذا الغرض.

في عام ١٨٣١، اكتشف هنري – مستقلاً عن فاراداي – الحث الكهرومغناطيسي. وقد تناول البحث بصورة أفضل؛ إذ أنه اكتشف الحث الذاتي قبل أن يتوصل إليه فاراداي. فتغيير التيار الكهربائي في ملف ما ينتج عنه مجال مغناطيسي متغير، ويتولد عن هذا المجال بدوره تيار آخر في الملف ذاته، ولكن في الاتجاه المقابل للأول. لذا، تتم إعاقة التيارات المتغيرة (ومنها التيار المتردد الذي يتدفق ذهابًا وإيابًا) واعتراض سبيلها كلما مرت من خلال ملف السلك. كلما زادت سرعة تغير التيار (أي زاد تردده)، قوي بذلك تأثيره. لا تزال صمامات الخنق جزءًا من علم الإليكترونيات الآن. خلدت وحدة الحث إسهام هنري في هذا المجال.

واصل هنري العمل في هذا المجال (كما فعل فاراداي) عن طريق استخدام عملية الحث في عمل المحول؛ وهو جزء حيوي في التكنولوجيا الكهربائية الحديثة. فقد أوضح أنه إذا التف ملفان على قطعة حديد واحدة؛ الأول به عدد قليل من لفات السلك والآخر به الكثير منها، فإن التيار الحثي الذي يسري في الملف الثاني يحتوي على جهد أكبر من الأول (١٨٢٦). لذا، يمكن زيادة الجهد (أو تقليله إذا ما تم عكس الملفات)، ولكن يحدث ذلك فقط مع التيارات المترددة، أما التيارات المنتظمة "المباشرة" فلا تتأثر بذلك. يعد التيار المار في الملف الثاني أضعف كثيرًا من التيار المار في الملف الأول؛ وإلا لتولدت الطاقة (**جول – ١٨٤٧**). بالإضافة إلى ذلك، أُطلق على هذه الملفات اسم ملفات الحث، وكانت فكرة هذه الملفات هي الفكرة التي ارتكزت عليها الجهود الأولى لتوليد الكهرباء من خلال الغازات مما فتح المجال أمام ظاهرة حديثة ومثيرة (**جايسلر – ١٨٥٤**). ← ١٨٣٤

إسهامات جون هيرشل في مجالات متعددة

١٨٣٢

كان لا بد أن يصبح جون هيرشل عالمًا من علماء الفلك. فوالده كان عالم الفلك الخاص بالملك؛ وهو مكتشف كوكب أورانوس عام ١٧٨١ وقد أنشأ أول التليسكوبات الكبيرة عام ١٧٨٩. بعد أن برع هيرشل في الرياضيات في جامعة كامبريدج، اتجه للاشتغال بالمحاماة ولكن لفترة وجيزة. وكان الأب يحلم في أن يصبح ابنه رجلاً من رجال الدين. لكن، في النهاية، استهوته دراسة علم الفلك.

أمضى هيرشل أكثر سنوات حياته فيضًا بالبحث والتجارب في جنوب أفريقيا، أي منذ حوالي عام ١٨٣٢. ومن هذا المكان، وضع قائمةً بالكثير من النجوم التي تظهر في جنوب أفريقيا لأول مرة مستخدمًا تليسكوبًا عاكسًا كبيرًا صنعه بنفسه. لقد شاهد مذنب هالي حينما اقترب منه في عام ١٨٣٥ وجادل في أن التغيرات التي تطرأ على حركته ما هي إلا نتيجة عاصفة من الغازات الساخنة المنبعثة من الشمس. لقد تنبأ جوهانس كبلر بوجود مثل هذه الرياح الشمسية منذ أكثر من ٢٠٠ عام.

كان هيرشل واحدًا من أهم الشخصيات البارزة في الجمعية الملكية. ففي عام ١٨٣١، كاد أن يتم انتخابه كرئيس لها باعتباره مرشح مجموعة قوية من الأعضاء الذين يسعون إلى زعزعة الجمعية الملكية العظيمة وجعلها أكثر ملاءمةً لكل عصر. لكن، فاز المرشح عن الحزب المتمسك بالتقاليد بصعوبة. وكان ذلك الحدث المخيب للأمل هو الذي أدى بالعالم هيرشل إلى الانتقال إلى جنوب أفريقيا والعمل مع صديقه المقرب تشارلز بابدج، مخترع أول جهاز كمبيوتر لكي يؤسسا معًا الجمعية البريطانية لتطوير العلوم لتنفذ ما لم تستطع الجمعية الملكية القيام به.

عندما قارب على الستين من عمره، عمل هيرشل بمهنة مختلفة تمامًا، فقد تخلى عن علم الفلك وأصبح معلمًا لسك العملة ومسئولاً عن إصلاح العملة. قبل ذلك بمائة وخمسين عامًا، صنع إسحاق نيوتن الصنيع نفسه ولكن تلاءمت هذه الوظيفة مع مواهب نيوتن أكثر من هيرشل.

كان اهتمام هيرشل موجهًا في البداية نحو التصوير الفوتوغرافي وذلك في مرحلة الطفولة. إن اكتشافه للعملية الكيميائية التي تساعد في تثبيت الصورة وعدم تلاشيها كان من الأمور الحيوية في هذا المجال. قد يعتبره البعض الآن، بعد مزيد من البحث، أول من ابتكر علم الفوتوغرافيا. فقد قدم بعض الآراء التطويرية في دراسة حديثة تعرف بعلم الطيف. وهو أول من فسر أن عملية تحليل الضوء المنبعث من الشمس والنجوم تحدد مكونات هذا الضوء.

إسهامات وليم ويرويل في صياغة المصطلحات العلمية

١٨٣٣

قد لا تعرف أو تسمع عن وليم ويرويل ولكنك بالتأكيد استخدمت بعض من الكلمات أو المصطلحات التي صاغها. فللبارع ويرويل موهبة خاصة في صياغة المصطلحات لكي تغطي الكثير من الأفكار والمفاهيم والاختراعات الحديثة التي تنبثق من المختبرات يومًا بعد يوم. فهو على علم تفصيلي باللغتين اليونانية واللاتينية، الأمر الذي يفتقده بعض الباحثين. فهو الذي نصح مايكل فاراداي عام ١٨٣٤ عند اختياره لبعض المصطلحات، مثل: الأنود والكاثود والأيون والإليكتروليت لكي يقوم بوصف التجارب والملاحظات التي أجريت لتوضيح كيفية مرور الكهرباء خلال السوائل. وقد ساعد تشارلز ليل عام ١٨٢٩ في صياغة المصطلحات الخاصة به، مثل: الأيوسين والميوسين والبليوسين لكي يساعده في تسمية التقسيمات الفرعية لصخور العصر الثالث في التاريخ الجيولوجي. وهو أيضًا الذي أسدى النصح بوضع مصطلح للدلالة على نظرية التغير الجيولوجي التدريجي التي عرضها ليل و جيمس هاتون من قبله عام ١٧٧٨.

لعل من أشهر الكلمات التي ابتكرها هذا العالم هو المصطلح "عالم" الذي صاغه عام ١٨٣٣ ليصف أي شخص ينشغل بالبحث والاستكشاف العلمي. ولم يُستخدم هذا المصطلح بشكل أوسع إلا في أواخر القرن، وهو بذلك حل محل "رجل العلم"، والمصطلح الذي يسبقه "فيلسوف الطبيعة".

لم يكن ويرويل باحثًا تجريبيًا عظيمًا، ولكنه كتب بفاعلية في جميع جوانب العلوم السائدة في عصره تقريبًا؛ بما في ذلك الأسلوب الذي ينبغي به تناول العلوم. فقد ألم بالكثير من العلوم؛ لدرجة أن أحد المعاصرين، كتب عنه متهكمًا: "إن علم ويرويل في حد ذاته هو موطن قوته، أما تشعبه في كل العلوم، فهو موطن ضعفه". فقد دخل ويرويل جميع مجالات

العلوم في عصره. فقد كان عضوًا في الجمعية الملكية ورئيسًا للجمعية الجيولوجية ومدرسًا في إحدى كليات جامعة كامبريدج (الكلية القديمة للعالم نيوتن). كما ساهم مع كل من تشارلز بابدج وجون هيرشل عام ١٨٣٢ في تأسيس الجمعية البريطانية لتطوير العلوم، وكان من أوائل رؤسائها. كان ويرويل من أشهر المعارضين لنظرية تشارلز بابدج عن التطور. في عام ١٨٢٥، دفع له إيرل مدينة بريدج ووتر لعقد ثماني معاهدات يوضح فيها قدرة وحكمة وطيبة الخالق؛ تمامًا كما تتضح في خلقه وإبداعه. كذلك، اختير ويرويل بواسطة كبير رجال الدين في مدينة كانتربوري ليكون رئيسًا للجمعية الملكية، كما اختير من قبل آخرين لتدوين مجلدات Bridgewater Treatise عن علمي الفلك والفيزياء. والجدير بالذكر أن هذه المجلدات صورت العالم الرغد المضمون لجميع العلوم في أوائل القرن التاسع عشر. ولكن، وبنهاية القرن اختلف هذا المناخ السائد اختلافًا تامًا.

استخدام مايكل فاراداي اللغة الحديثة في الكيمياء الكهربائية

١٨٣٤

بعد اكتشافه للحث الكهرومغناطيسي عام ١٨٣١، عاد الباحث التجريبي العظيم مايكل فاراداي بالزمن عشرين سنة مضت إلى العمل الذي كان يقوم به همفري دايفي عام ١٨٠٧. بدأ دايفي أولى خطواته في علم الكيمياء الكهربائية مستنتجًا التغيرات الكيميائية التي تحدث باستخدام التيارات الكهربائية. تناول فاراداي البحث في هذا المجال باهتمام بالغ كعادته وسرعان ما استنتج القوانين الأساسية.

لتفترض أن التجربة جعلت الفضة تترسب من محلول ملحي من أملاحها عن طريق تدفق تيار كهربائي (ربما بالنسبة لصفيحة معدنية من الفضة). توصل فاراداي إلى أن مقدار الفضة المتحللة يعتمد على مقدار الشحنة الكهربائية المستهلكة (يتضاعف تدفق التيار بمرور الوقت). إذا قمت بمضاعفة الشحنة، يتضاعف بذلك مقدار الفضة.

مع ذلك، يمكن استخراج مقادير متباينة من معادن مختلفة باستخدام مقدار الشحنة الكهربائية نفسه. إن الشحنة التي تعمل على ترسيب ١٠٨ جرام من الفضة، يمكن أن تعمل على ترسيب ٢٣ جرام فحسب من الصوديوم أو ٣٩ جرام من البوتاسيوم. تعتبر هذه النسب ثابتة مهما كانت شدة التيار ومساوية أيضًا لتلك النسب الخاصة بالأوزان الذرية (دالتون - ١٨٠٨) لهذه العناصر (فالصوديوم وزنه الذري ٢٣ والبوتاسيوم ٣٩ والفضة ١٠٨). هل يعني هذا أن التيار الكهربائي يطلق دائمًا عدد الذرات نفسه في أي من العناصر؟ أكد

فاراداي أن الأمر كذلك على وجه العموم، ولكن يمكن أن يقل المقدار أحيانًا ليصل إلى النصف أو الثلث.

إلى هذا الحد، كان فاراداي على مشارف التوصل إلى اكتشاف عظيم. قد تكون هناك وحدة أساسية للشحنة الكهربائية (ذرة من الكهرباء)، وتقوم الذرات الموجودة في المحلول بحمل واحدة أو اثنتين أو ثلاث من ذرات الكهرباء وتنثرها بعيدًا عن المحلول عندما يتم فصلها. وقد يوضح هذا ما رآه فاراداي. لم يشغل فاراداي نفسه بهذا الأمر (فلم يكن مؤمنًا بفكرة الذرات)، في حين أن آخرين واصلوا العمل والبحث في هذا المجال (أرنيوس ١٨٨٤).

من المؤكد أن هذا العلم الحديث في حاجة إلى لغة خاصة به. اقترح وليم ويرويل عام **١٨٣٣** على فاراداي أن يطلق مصطلح الإلكتروليت على المحلول الموصل للكهرباء. أما الإلكترود (ويعني باللغة اليونانية ممر للكهرباء) فيحمل الشحنة داخل وخارج الإلكتروليت. فيحمل الأنود (القطب الموجب) شحنة موجبة، في حين أن الكاثود (القطب السالب) يحمل شحنة سالبة. ظهر استخدام مثل هذه المصطلحات بعد ذلك في علم الإليكترونيات. عندما أراد فاراداي أن يفسر الطريقة التي يمر بها التيار من خلال السوائل، تخيل، وهو رافضًا لذلك، فكرة وجود الجسيمات المشحونة التي يطلق عليها اسم الأيونات. فيحمل الكاتيون شحنة موجبة – وهي تنجذب وتتجه نحو القطب السالب، أما الأنيون فيحمل شحنة سالبة. اعتقد فاراداي أن الأيونات لم تعد حقيقة واقعية مثلها مثل الذرات؛ لكنه كان النموذج الشائع والذي أثبت بالفعل فيما بعد. ← **١٨٤٥**

إسهامات جاسبر كوريوليس في دراسة كيفية هبوب الرياح

١٨٣٥

لقد كان جاسبر كوريوليس ابنًا لجندي أصبح فيما بعد رجل من رجال الصناعة، لكنه توفي وهو لا يزال صغيرًا في السن. ارتبط اسم جاسبر كوريوليس بالتأثير الذي لا يزال غامضًا وغير مفهوم إلى حد بعيد. كان لهذا التأثير (أو القوة) القدرة على أن يجعل الماء يدور في اتجاه واحد أو في الاتجاه الآخر كلما انحدر من المرحاض، على الرغم من أنه في الواقع هناك احتمال ضعيف جدًا لأداء مثل

هذه المهمة. يظهر تأثير كوريوليس واضحًا فقط عبر المسافات البعيدة، أي حوالي عبر عشرات أو مئات من الكيلو مترات؛ حيث يقوم بتحويل نظم الجو وتيارات المحيط في اتجاه واحد شمال خط الاستواء وفي الاتجاه الآخر جنوب خط الاستواء.

فسر العالم الإنجليزي جورج هادلي لأول مرة في عام ١٧٣٥ السبب في هبوب الرياح التجارية، التي تهب مباشرةً شمالاً أو جنوبًا في اتجاه خط الاستواء، وهو أنها تنحني وتنحرف عند هبوبها؛ بحيث تصل إلى خط الاستواء وهي متجهة من ناحية الشرق. وقد ذكر أيضًا أن دورة الأرض هي السبب في ذلك. فعلى الأرض الساكنة غير المتحركة تهب الرياح من الشمال إلى الجنوب. وبعد قرن من الزمان، حاول كوريوليس أن يجعل مسار الرياح يتناسب مع قانون القصور الذاتي الذي توصل إليه العالم جاليليو عام ١٦٠٤ أو قوانين نيوتن للحركة التي صاغها عام ١٦٨٦. وتنص هذه القوانين على أن أي جسم من الأجسام، مثل: جزيئات الهواء المكونة للرياح، يستمر في الحركة في خط مستقيم وبسرعة ثابتة ما لم تؤثر عليه قوة ما. ولكي يحقق هذا التناسب، عليه أن يُنشئ القوة، التي أطلق عليها قوة كوريوليس، التي تصل لأضعف معدل لها عند القطبين وتصل لأقوى معدل لها على طول خط الاستواء ويتحدد اتجاه هذه القوة اعتمادًا على وجودك على أي من جانبي خط الاستواء.

يمكنك القول إن هذه القوة قوة وهمية. تظهر الحاجة إليها فقط لأن كوكب الأرض الذي يدور لا ينتمي إلى هيكل الإسناد القصوري الذي يجب أن تسري عليه قوانين كل من نيوتن وجاليليو. إذا كنت قادرًا على أن تبقى معلقًا في الفضاء في حين أن الأرض تتحرك أسفل منك، يمكنك أن ترى الرياح وهي تهب في خطوط مستقيمة. وبالطريقة نفسها، يمكنك أن ترى البندول الذي اخترعه فوكو عام ١٨٥١ وهو يتأرجح بصورة مستمرة في اتجاه واحد. ينبغي الاستشهاد بقوة كوريوليس لتفسير السبب في أن مستوى حركة البندول يبدو واضحًا عندما تراه من نقطة ثابتة بالنسبة للأرض.

إيجازًا لما ذُكر، فإن قوة كوريوليس التي صاغها حوالي عام ١٨٣٥ تسهل بالفعل وبصورة كبيرة الحسابات المتعلقة بالكيفية التي تتحرك بها الرياح عبر سطح الأرض. كما توضح كيف تتأثر حركة الصواريخ والطائرات بدوران الأرض. فبالنسبة للرياح، ولا سيما

تلك الرياح التي تهب في اتجاه خط الاستواء، فإنها تنحرف عن مسارها بشكل ما حتى تأتي من ناحية الشرق. أما تلك الرياح التي تهب نحو القطبين فهي رياح غربية (على كلا جانبي خط الاستواء). يجعل هذا الأمر كتل الهواء الكبيرة والأعاصير ذات الضغط المنخفض والأعاصير المضادة ذات الضغط العالي تدور يسارًا أو يمينًا تبعًا لنصف الكرة الموجودة به.

يحدث الشيء نفسه في البحر. إن كتل الماء في المحيطات الرئيسية التي تدور في صورة تيارات داخل تلك المحيطات تنحرف (باتجاه عقارب الساعة في نصف الكرة الشمالي وعكس عقارب الساعة في نصف الكرة الجنوبي). لذا، فالحركات الدائرية في المحيطات تدفع بالتيارات الباردة على طول الساحل الغربي للقارة والتيارات الدافئة على طول الساحل الشرقي لها. وهذا هو ما يجعل المناطق الغربية للقارات أكثر جفافًا من الأجزاء الشرقية عند دائرة العرض نفسه.

على الرغم من أنه توفي وهو في الواحدة والخمسين من عمره فقط، كان كوريوليس مدرسًا ناجحًا إلى جانب أنه رياضي وفيزيائي متميز. كما استخدم بعض المصطلحات بشكل مبسط، مثل: الشغل والطاقة الحركية على نطاق واسع أكثر مما نستخدمها نحن الآن. وليوضح أنه قادر على المزج بين العمل والمرح، ألف أيضًا كتابًا معروفًا بالمهارات الرياضية للعبة البليارد.

استفادة شارل داروين من الرحلة الاستكشافية للسفينة Beagle

١٨٣٦

كانت بداية عمل شارل داروين ضربًا من ضروب الحظ السعيد. ففي عام ١٨٣١، عُرض عليه منصب تطوعي كعالم من علماء الطبيعة على متن السفينة HMS Beagle في رحلة استكشاف استغرقت سنتين حول العالم. حصل داروين على هذه الفرصة الرائعة بل والفريدة من نوعها ليجمع الملاحظات التي ربما استفاد بها فيما بعد في تدعيم نظريته المتميزة. يعتقد البعض أن داروين كان بإمكانه أن يصبح عالمًا بارزًا دون خبرته التي اكتسبها على السفينة Beagle أو ربما استفاد شخص آخر منها بقدر أكبر من استفادة داروين. الحقيقة غائبة عن الجميع حتى الآن.

رفض داروين بالفعل العمل في المجالين الديني والطبي. جاء رفضه للمجال الثاني نتيجة للخوف الذي كان ينتابه من العمليات التي كانت تُجرى دون إعطاء مخدر. كانت ظروفه

المادية جيدة إلى حد كبير. فهو ينتمي إلى آخر فئة من العلماء الذين يطلق عليهم اسم العلماء النبلاء. لذا، فكان يتمتع بحرية كاملة في مواصلة أبحاثه دون تحمل العبء في تدبير دخل له. كان والده طبيبًا ناجحًا ووالدته واحدة من أفراد عائلة ويدجوود الشهيرة بصناعة الفخار. تمكن جداه من الإلمام بالمعرفة من خلال اشتراكهما في جمعية بيرمنجهام عام ١٧٦٥.

عادت السفينة Beagle إلى إنجلترا مرةً أخرى في أكتوبر من عام ١٨٣٦. استغرقت الرحلة التي كان مخطط لها الاستمرار لمدة عامين في النهاية ٥ أعوام. جمع خلالها داروين مجموعة هائلة من الملاحظات والعينات معظمها من أمريكا الجنوبية ونيوزيلندا وأستراليا أيضًا. كما اجتهد أيضًا قائد السفينة، روبرت فيتزروي، وآخرون في جمع هذه العينات والمشاهدات العلمية. حققت هذه الرحلة نجاحًا كبيرًا كواحدة من الرحلات الاستكشافية.

تعد زيارة السفينة Beagle إلى جزر جالاباجوس بعيدًا عن ساحل أمريكا الجنوبية الآن من الزيارات الأسطورية. تلخص تأثير هذه الرحلة الاستكشافية على داروين في مشاهداته وملاحظاته حول طائر يسمى الشرشور. فالطيور التي تعيش في كل جزيرة من هذه الجزر العديدة لها سمات مميزة؛ مثل شكل مناقيرها والذي يتناسب مع نمط حياتها. تنوعت السلاحف التي وُجدت على جزر جالاباجوس تنوعًا كبيرًا من جزيرة لأخرى. لاحظ الكثير من علماء الطبيعة أشكال التكيف في العديد من البيئات. فرأى البعض منهم أنها دليل على حكمة الخالق؛ وهو الأمر الذي آمن به داروين بالفعل في بداية حياته. ولكنه رأى تلميحات لإمكانية وجود تفسير آخر. انتشرت الجزر كي تستطيع الطيور الانتقال من إحداها إلى الأخرى. ونتيجة لذلك، انعزل السكان عن بعضهم البعض في أماكن متفرقة؛ مما ساعد على وجود أجيال مختلفة لا حصر لها.

كثيرًا ما يتولد الشعور بالثقة بالنفس عن الجهل بالأشياء أكثر من المعرفة بها. بمعنى أن من يلمون بمعرفة محدودة عن الأشياء – وليس الذين يلمون بمعرفة شاملة – هم الذين يجزمون أن هذه المشكلة أو تلك لن يكون لها حل مطلق من خلال العلم.

تشارلز داروين

نشرت مجموعة من اكتشافات داروين، وهي عبارة عن جزء من التقرير الرسمي عن هذه الرحلة بشكل منفصل في كتاب بعنوان The Voyage of Beagle وقد أصبح هذا الكتاب الأكثر رواجًا في ذلك الوقت. وقد كتب أيضًا عن آرائه حول الجزر المرجانية العديدة التي قام بزيارتها. وجاء بالاقتراح التالي: بما أن الشعب المرجانية تنمو في المياه الضحلة فحسب، فإن العمق الشديد للحجر الجيري المرجاني الذي اكتشف في عدة أماكن والذي يشير إلى الأرض ما دون الشعاب المرجانية هو عمق غائر جدًا. وكان في الوقت نفسه يتأمل في المعاني الضمنية العريضة لمشاهداته التي جمعها من جزر جالاباجوس والأماكن الأخرى. نمت هذه الأفكار فتطورت على مدار ٢٠ عامًا إلى أن تم الإعلان عنها أخيرًا في عام ١٨٥٩ عند نشره كتاب The Origin of Species.

من النتائج الأخرى لهذه الرحلة على داروين أن الحشرات لدغته عدة مرات وهو في أمريكا الجنوبية، لذا فقد أصابه مرض من الأمراض التي تنتشر في المناطق الاستوائية. لم يكن هذا المرض فتاكًا ولكنه أخذ يضعف جسمه من حين لآخر على مدار حياته. تقاعد بعد ذلك عن العمل وانتقل ومعه زوجته وأول ابن من أبنائهما العشرة إلى داون؛ تلك المدينة التي توجد خارج لندن حيث المكان الذي عاش فيه في هدوء ولكنه لم يتوقف مطلقًا عن العمل. وهنا، تبلور كتابه The Origin of Species. ← ١٨٥٩

إسهامات جان شاربنتر وجينز إسمارك في الأنهار الجليدية

١٨٣٦

على مدار القرن التاسع عشر، كان الحصول باستمرار على عظام وبقايا أخرى لحيوانات اندثرت منذ زمن بعيد يوحي أن أشكال الحياة على كوكب الأرض قد تغيرت بشكل كبير على مدى العصور. وإلا فما سبب اندثار مثل هذه الحيوانات والنباتات؟ إذ تطلبت أجزاء وبقايا النباتات القديمة التي وجدت في طبقات من الفحم الحجري مناخًا أكثر دفئًا وجفافًا مما هو عليه الآن. على سبيل المثال، وجدت حفريات الأشجار المدارية في مكان ما بعيدًا عن المناطق المدارية في إنجلترا.

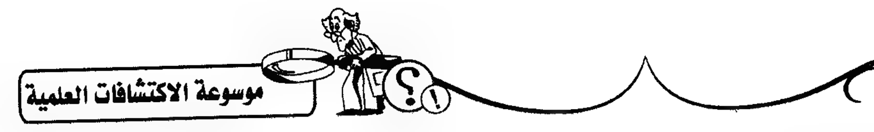
في أثناء الفترة نفسها، زادت الشكوك بشأن المناخ الذي ربما كان أكثر برودةً في العصور الماضية. وقد كانت الحكايات القديمة هي الحافز المشجع على هذه الشكوك. فقد سمع عالم الطبيعة السويسري المشهور جان شاربنتر، من أحد الحطابين أن الأنهار الجليدية على

سلاسل جبال الألب كانت أطول من ذلك يومًا ما. ولكن اهتم شاربنتر بالأمر وبدأ في جمع أدلة أكثر إقناعًا وموثوق بها بدرجة أكبر.

اهتم جينز إسمارك في إسكندنافيا بالأمر السابق نفسه. فبحلول عام ١٨٢٤، استنتج أن الأنهار الجليدية لا بد أنها كانت ذات يوم تغطي جزءًا كبيرًا من النرويج والبحر المجاور لها. لا تقع الصخور الكبيرة في منتصف مكان محدد، ولكنها تكون متفرقة كما لو أنها سُحبت أو دفع بها في ذلك المكان فاستقرت به. يمتد الركام الجليدي، وهو عبارة عن خطوط طويلة من الأحجار عادةً حول أو داخل الأنهار الجليدية، عبر صفحة الأرض بعيدًا عن أي من الأنهار الجليدية المتدفقة. تصبح المساحات العظيمة التي تحتوي على الصخور القاحلة ملساء أو بارزة بفعل الأخاديد الطويلة. ذكر إسمارك أن هذا التأثير جاء نتيجة الأغطية الجليدية المتحركة والممتدة لمسافات شاسعة، حينما كان العالم أكثر برودةً. كما أن الأنهار الجليدية أيضًا شقت أودية عميقة جدًا داخل الصخور على طول الساحل، ثم فاضت بعد ذلك بالبحار المرتفعة لتُكَون فيورد - وهو خليج بحري ضيق بين الصخور العالية. يبدو وأن ذلك من الأمور القهرية التي طرأت على العالم في ذلك الوقت.

عثر شاربنتر في سويسرا على الأدلة نفسها. ففي عام ١٨٣٦، أقنع مواطنه الشهير لويس أجاسي (١٨٥١) برأيه. وفي دراسته التي أجراها بشأن الأنهار الجليدية والتي نشرها عام ١٨٤٠، أطلق أجاسي اسم العصور الجليدية على الفترات شديدة البرودة الطويلة الماضية. وعلى الرغم من الدعم النشط الذي حظي به من قبل مواطنه أجاسي، فإن نظرية الأنهار الجليدية لاقت قبولاً دون المستوى. حيث إن الكثير من الخبراء عارضوا تلك الفكرة المتطرفة. إذ لم يقتنعوا بفكرة أن معظم أوروبا كانت تقع تحت جليد يصل سمكه لمئات الأمتار؛ لا سيما وأن الأغطية الجليدية الواسعة في جزيرة جرينلاند وفي قارة الأنتاركتيكا كانت لا تزال غير معروفة.

في النهاية، استحوذ هذا الدليل على عقول الجميع. وبحلول عام ١٩٠٠، ثمة قلة قليلة هي التي عارضت هذه الفكرة. ولكن ظلت الأسئلة الأساسية تثار كثيرًا، ومنها: ما السبب وراء تعاظم الجليد وتلاشيه بهذه الحدة - ليس فقط لمرة واحدة ولكن ربما لعدة مرات؟ تم التوصل إلى الإجابة التي تفسر هذه الأسئلة في عام ١٩٢٠.



أصل جميع الخلايا خلايا أيضًا

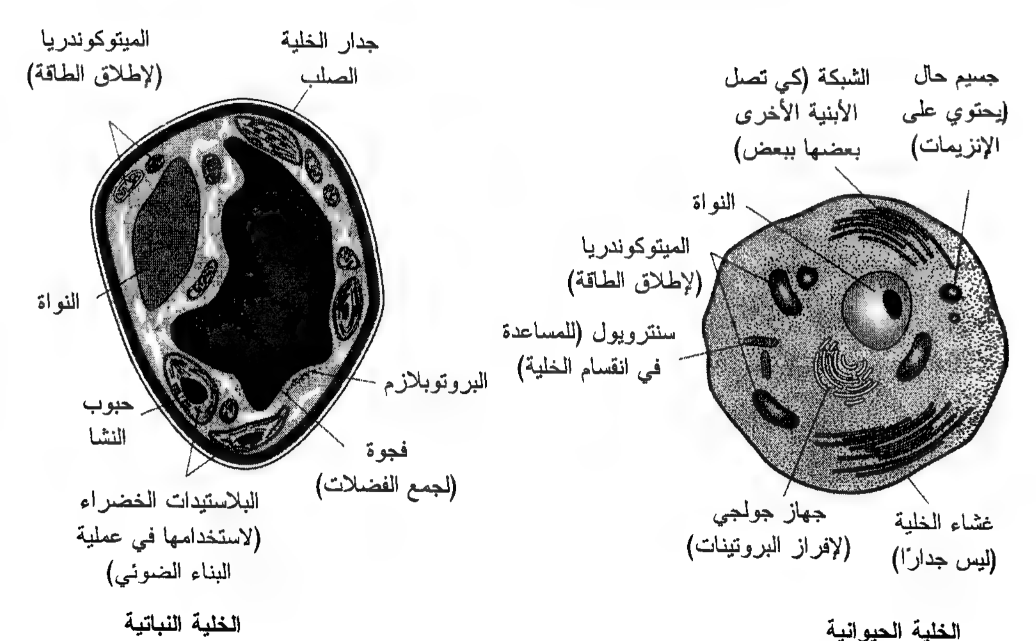
١٨٣٨

يُروى في عام ١٨٣٨ أن كلاً من عالمي الأحياء الألمانيين تيودور سوان و ماتيياس شلايدن اللذين درسا معًا كانا يتبادلان الحديث حول عملهما وأبحاثهما. وقد ذكر شلايدن أنه تابع تقريرًا أعده عالم الأحياء الإنجليزي روبرت براون عام ١٨٢٧ يذكر فيه أن جميع الخلايا النباتية تحتوي على نقطة غير شفافة متناهية في الصغر أطلق عليها براون اسم النواة.

في ذلك الوقت، كان سوان يقوم بفحص الأنسجة الحيوانية؛ ولا سيما أنسجة أجنة فرخ الضفدع التي ينمو نخاعها الشوكي فيما بعد. الجدير بالذكر أن "النقط غير الشفافة المتناهية في الصغر" كانت كثيرة جدًا. ذهب كل منهما إلى معمل سوان ليشاهدا العينات التي قام بفحصها. من المؤكد أن النواة، إذا كانت هي ما وجداه بالفعل، تتشابه تمامًا مع تلك الموجودة في الخلايا النباتية التي توصل إليها العالم شلايدن. تترتب هذه النقط بشكل منتظم. وبالنظر العميق في الميكروسكوب، استطاع سوان أن يلاحظ وجود جدار صغير أو غشاء يحيط بكل منها.

في النهاية، تبلور هذا الاكتشاف بالفعل وبدأ الناس يفهمونه جيدًا. وقد رحل سوان بعيدًا ليسجل هذا الاكتشاف الذي نشره في عام ١٨٣٩، لكن للأسف دون أدنى إشارة منه إلى فضل شلايدن أو أي شخص آخر عليه. تتكون جميع الكائنات الحية من عدد هائل من الوحدات البسيطة والمتشابهة تقريبًا وهي الخلايا. تعد الخلايا بالنسبة للكائنات الحية مثل الذرات والجزيئات بالنسبة للمادة. تحتوي جميع الخلايا على جدار أو غشاء ونواة. والجدير بالذكر أن الخلايا الموجودة في العضلات تختلف عن تلك التي توجد في المخ. ولكن تتشابه جميع الخلايا الموجودة في المخ مع بعضها البعض وكذلك الحال في خلايا العضلات.

سرعان ما سيطرت نظرية الخلايا على عقول الجميع واستحوذت على اهتمامهم. فجميع الأدلة المتاحة تدعمها. في الواقع، من حق كاسبر وولف عام ١٧٥٩ – ككثيرين غيره – الإدعاء أنه أول من فكر في هذه النظرية. ولكن يظل السؤال المهم وهو ما مصدر هذه الخلايا؟ ولكن سريعًا ما تم رفض إجابة سوان عن هذا السؤال. فقد ذكر أنها نتجت عن تدفق المواد الكيميائية مثلما تفعل البلورات. كان هذا مشابهًا تمامًا لمذهب التكاثر التلقائي الذي ذاع صيته ثم هدأ سريعًا على يد لويس باستور (١٨٦٢) وآخرين.



الخلية النباتية **الخلية الحيوانية**

تتكون جميع الكائنات الحية من مجموعة من خلايا متناهية في الصغر لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة. تشترك الخليتان (الحيوانية والنباتية) في بعض الخصائص، مثل وجود غشاء الخلية والنواة والميتوكوندريا. وتضم الخلية النباتية أيضًا بلاستيدات خضراء وفجوة وجدار صلب للخلية مصنوع من السليلوز. أما الخلية الحيوانية، فتشتمل على جهاز جولجي لإفراز البروتينات. تتكاثر جميع أنواع الخلايا عن طريق الانقسام إلى اثنتين.

لكن، سرعان ما ظهرت أدلة تعارض هذه النظرية. إذ مهما كانت الخلايا الجديدة التي يمكن أن تظهر، فإنها تشكلت عن طريق انقسام الخلايا الموجودة. وبحلول عام ١٨٥٨، أصبح عالم الباثولوجي الألماني رودولف فيركو على استعداد تام لعرض الإجابة الصحيحة على نحو واضح تمامًا. وهي أن جميع الخلايا تنتج عن الخلايا الموجودة. وفي هذا الشأن، أقر لويس باستور بعد ذلك برأي معارض لفكرة التكاثر التلقائي وينص هذا الرأي على أن جميع أشكال الحياة نتجت عن شكل الحياة الحالي. ويوحي ذلك بأن جميع أشكال الحياة ترتبط بالخلايا. ربما واجهت هذه الفكرة مزيد من التحدي والمعارضة قبل نهاية القرن (بيجرينك – ١٨٩٨).

إسهامات فريدريك بيسل في علم الفلك

١٨٣٨

لم يتدرب فريدريك بيسل على ممارسة علم الفلك مطلقًا. ولكنه، حقق ما كان علماء الفلك يسعون للوصول إليه منذ ٣٠٠ عام. فقد قام مباشرةً بقياس المسافة التي يبعدها نجم ما عن نجم آخر. قُدرت هذه المسافة من قبل فقط، ولكن كان يكفي أن تعرف أنها مسافة هائلة.

عمل بيسل وهو لا يزال في الرابعة عشر في مؤسسة للتصدير والاستيراد. كان لا بد من تحديد موقع سفن الشركة التي تسير في البحر، الأمر الذي دفع بيسل لدراسة علم الفلك كوسيلة للبحث عن خطوط الطول ودوائر العرض. عمل كمساعد في أحد المراصد وبذل جهدًا ملحوظًا في البحث عن مواقع النجوم بدقة، مما أمن له وظيفة أن يكون مسئولاً عن المرصد الموجود في مدينة كونج سبورج (كالينينجراد الآن في روسيا)؛ حيثما قام بدقة بتعيين ٥٠٠٠٠ نجم على مدار ٢٠ عامًا.

إذا كان نيقولاوس كوبرنيكس محقًا عندما أقر عام **١٥٤٣** أن كوكب الأرض يدور حول الشمس مرة واحدة في السنة، لأصبحنا قادرين على ملاحظة ظاهرة اختلاف منظر النجوم. وهو عبارة عن تذبذب طفيف في الموقع الواضح لأحد النجوم المجاورة في مقابل النجوم الأكثر بعدًا نتج عن تغير وجهة نظر علماء الفلك بشأن حركة الأرض. حتى وبعد تحسين صناعة التليسكوب وتطويرها، ظل اختلاف المنظر غير مكتشف. ويوضح ذلك أن حتى أقرب النجوم يجب أن يقع على بعد هائل من الأرض. إن من يستطع التنبؤ باختلاف المنظر هم علماء الفلك الأكثر دقةً وقد لا يستطيعون أيضًا التنبؤ به. فقد يكون اختلاف المنظر بعيدًا عن قاعدة التنبؤ.

كان بيسل هو رجل الساعة في ذلك العصر. ففي عام ١٨٣٨، فاز بالسبق وتنبأ بظاهرة اختلاف المنظر. فبعد سنوات من عمليات الرصد الدقيقة، اكتشف أن النجم 61 Cygni من كوكبة الدجاجة الشمالية ظل يتحرك ذهابًا وإيابًا في السماء على مدار ١٢ شهرًا بمقدار دقيقة؛ أي بمقدار ٠,٣ ثانية من القوس وهذا ما يجعل النجم يبعد مقدار ٣ فراسخ نجمية أو بالقياسات المألوفة لدينا ما يزيد قليلاً عن ١٠ سنوات ضوئية. عند المسافة التي مقدارها ٣٠٠٠٠٠ كيلو متر في الثانية، يستغرق الضوء ١٠ سنوات لكي يعبر الفراغ فيما بين هذا النجم والأرض.

بعد أن سمع عن هذا الاكتشاف، وصف عالم الفلك الإنجليزي العظيم جون هيرشل هذا الاكتشاف بأنه "أعظم بل وأروع نصرًا لم يشهده علم الفلك العملي من قبل". كان الحد الذي وضعه بيسل لاكتشافه ضيقًا جدًا، فقد تمكن علماء آخرون بعده بعام من قياس اختلاف المنظر لكل من نجم النسر الواقع (Vega) ونجم ألفا سنتوري (Alpha Centauri) أحد نجوم كوكبة القنطورس الجنوبية. يقع هذا النجم الأخير على بعد أكثر من ٤ سنوات ضوئية، وهو النجم الأقرب إلى الشمس. وبالقياس اعتمادًا على مدار أكثر الكواكب بعدًا في النظام الشمسي والذي يبعد بضع سنوات ضوئية فقط، نكتشف بوضوح مدى كبر حجم الفجوات بين النجوم. فإذا كانت الشمس بحجم كرة الكريكيت، لذا فإن النجم المجاور لها يبعد بمقدار ٦٠٠ متر.

جيمس روس واكتشاف القطب المغناطيسي الشمالي

١٨٣٩

في منتصف القرن التاسع عشر، أصبحت قضية المغناطيسية مرة أخرى حافزًا على الاكتشاف. ظلت البوصلة المغناطيسية هي السبيل للإبحار في البحار، أما الدفع بالبخار وزيادة استخدام الحديد فقد أثارا مشاكل كبيرة تعوق استخدامهما. كما أصبح من الضروري معرفة الكثير - كلما أمكن - عن المجال المغناطيسي للأرض وشدته والحدور المغناطيسي والميل في أي موقع في البحر ومعرفة مدى التغير الذي يطرأ على هذه الأشياء بمرور الوقت. وهنا، فإن أولى الخرائط التي رسمها أدموند هالي قديمًا عام ١٧٠٢ تحتاج إلى تحديث الآن.

كان أحد أهداف هذه المعرفة يكمن في تحديد موقع القطبين المغناطيسيين بدقة واللذين تتجه إليهما مؤشرات البوصلة. كان واضع الخرائط الفلمنكي جيرارد مركاتور هو أول من اقترح وجود هذه الأقطاب، كما افترض العالم الإنجليزي وليم جيلبرت عام ١٦٠٠ أن الأرض بأكملها عبارة عن قضيب من المغناطيس ذي طرفين. أما الأقطاب الجغرافية فلا تمت بصلة لتلك المغناطيسية.

اكتشف الملاح الإنجليزي جيمس روس القطب المغناطيسي الشمالي في عام ١٨٣١ ثم تحدد موقعه فيما بعد بحيث يكون أعلى القطب الشمالي الكندي. في عام ١٨٣٩، قام

جيمس بالإبحار إلى الجنوب على متن السفينتين الصغيرتين ذواتي الجوانب الخشبية والمجهزتين جيدًا Erebus وTerror. وهما تحديدًا أولى السفن التي تحملت مشقة السير في الجليد. لهذا السبب، كانت رحلته هي الأكثر نجاحًا بين نظائرها في الوقت نفسه - تلك الرحلات التي قام بها الفرنسيون بقيادة الضابط البحري ديومون دروفيل والأمريكان بقيادة الضابط البحري تشارلز ويلكس.

بمساعدة المناخ المناسب، عبر روس الجليد الطافي الذي أعاق طريق رحلة جيمس كوك عام ١٧٦٩ وتوغل، على سبيل المصادفة، بعمق داخل خليج رئيسي في الساحل الجنوبي لنيوزيلندا الذي يعرف الآن ببحر روس. وعلى جزيرة روس، اكتشف بركانين أحدهما نشط والآخر خامد وقد أطلق عليهما أسماء السفن التي خاضت هذه الرحلة.

وصل روس إلى نقطة تقترب من موقع القطب المغناطيسي الجنوبي الذي تنبأ به الفيزيائي الألماني كارل جوس، ولكن كان موقعه داخليًا أعلى سهل يقع بين الجبال الجليدية الشاهقة ولم يستطع روس الوصول إليه. وبعد مرور ٦٠ عامًا، اكتشفت رحلة استكشافية تحت لواء الأسترالي دوجلاس موسن عام ١٩٠٩ النقطة التي تشير إليها إبرة البوصلة بشكل مستقيم إلى الأرض.

تعد الأقطاب المغناطيسية غير ثابتة، تلك السمة التي تميزها عن الأقطاب الجغرافية. فالأقطاب المغناطيسية تتجول وتعكس اتجاهات طويلة المدى للقوى الكامنة داخل كوكب الأرض والتي يتولد عنها المجال المغناطيسي. تحرك القطب المغناطيسي الجنوبي منذ عام ١٩٠٩ وحتى الآن بمقدار مئات من الكيلو مترات إلى الشمال ويقع الآن بعيدًا عن البحر.

تأثير جوستاس فون ليبيج العالمي في علم الكيمياء

١٨٤٠

تعرض الكيميائي الألماني جوستاس فون ليبيج الذي صار واحدًا من أبرز الباحثين والمعلمين في عصره إلى حكم باطل من قِبل معلميه؛ حيث قالوا عنه إنه شخص فاشل. كان جوستاس يفضل قضاء وقته في المختبر الذي يقع تحت محل والده الذي كان يبيع مستلزمات الطلاء والمواد الكيميائية المعروفة. كان يعد، في هذا المكان، التجارب مستخدمًا واحدة من المواد المثيرة وهي فلمنات الفضة والتي

بها استطاع أن يُحدث انفجارًا ذا ضجة مدوية. يروى أنه أنهى عمله في المدرسة التي كان يعمل بها بعد أن ألقى بنافذة الفصل بعيدًا بفعل المواد المتفجرة المصنوعة في المنزل.

رغم ذلك، فقد أثبت نبوغه وتميزه بعد ذلك. فبعد أن درس على يد الفرنسي المتميز جاي لوساك عام ١٨٠٨، عُين مدرس مساعد في جامعة جيسن ولم يتجاوز عمره الحادي والعشرين. نظرًا لنشاطه وشهرته على أنه طالب متميز، فإن الحكم الذي أُطلق عليه من قبل يعد نوعًا من العداء له. وفي آخر حياته، اعترف الجميع بأنه أعظم مدرسي الكيمياء الباقين على قيد الحياة. وقد أصبح رائدًا للبحث التجريبي المنهجي؛ لدرجة أن النموذج الذي وضعه في هذا الشأن أصبح هو النموذج المقبول لدى الجميع في ذلك الوقت. وقد تجمع الطلاب من جميع أنحاء العالم، الكثير منهم حصل بعد ذلك على جوائز نوبل في الكيمياء والأحياء، لتلقي علم الكيمياء على يديه. عاد الطلاب الأمريكان الذين تلقوا العلم على يديه إلى وطنهم لكي ينشئوا محطات للبحث والجامعات الزراعية التي تعتمد على هذه الأفكار.

كان ليبيج شخصية عملية تهتم بالأسمدة الصناعية مثل نترات الأمونيوم (وقد أصدر كتابًا في هذا الصدد عام ١٨٤٠) قد اهتم أيضًا بالقضايا المتعلقة بتغذية الإنسان. وربما كان أول عالم كيمياء تطبيقي، وقد ساعد في ثورة إنتاج الغذاء. ولكنه، لم يكن على حق على الدوام؛ فأحيانًا كان يجانبه الصواب. فعلى سبيل المثال، قد جادل بأن التمرينات البدنية تستهلك البروتينات فحسب لإنتاج طاقة وليس السكريات والدهون. وعندما لا يستهلك أي من البروتينات، فإن التمرينات تعمل على إنتاج بول يحتوي على النيتروجين والذي ينتج فقط من تجزئة نسيج العضلات. لذا، فإن اللاعبين الرياضيين في حاجة إلى تناول كميات كبيرة من البروتينات حتى يعوضوا هذا الفقد من البروتينات. وقد لجأ إليه أصحاب المشروعات ليصدق لهم على أول مكمل بروتيني وربما كان يحمل اسمه.

حتى ليبيج لم يكن بعيدًا عن التحدي ولم يسلم من المعارضة؛ حيث قام اثنان من علماء الفسيولوجيا بتجربة بسيطة. فقد قاما بقياس كمية النيتروجين في بول شخص ما يتسلق أحد الجبال. أوضحت هذه التجربة أن الطاقة التي يستهلكها المتسلق لا تنتج عن تجزئة وتحلل البروتينات فحسب، وإنما بعض منها على الأقل ينتج عن تحلل الدهون والسكريات أيضًا. وكما هو بشخصيته الرائعة وبراعته، يميل ليبيج إلى أن يكون حازمًا في تفكيره، إذ

ينصرف عن عمل الآخرين إذ ما تم التصدي لعمله الخاص. تحملت سمعته وشهرته الكثير من المتاعب ولكن بقي الكثير من إنجازاته، ولا سيما تلقينه العلم للآخرين.

إنجازات علمي الفوتوغرافيا والطيف

١٨٤٢

تطور علم الفوتوغرافيا منذ حوالي عام ١٨٤٠ كنتيجة للاكتشافات العلمية وكحافز عظيم لها في آن واحد. فيمكن تسجيل الاكتشافات التي تتم من خلال الميكروسكوب والتليسكوب الآن وإلى الأبد.

الفوتوغرافيا تعني إنتاج الصور باستخدام الضوء. في القرن الثامن عشر، توصل العلماء إلى مركبات معينة تحتوي على الفضة تتحول إلى اللون الأسود عند تعرضها للضوء. وقد استعان العالم جوهان ريتر بهذا التأثير في اكتشاف الأشعة فوق البنفسجية عام ١٨٠٢. بدأ علم الفوتوغرافيا من هذا المنطلق. ولكي تظهر الجدوى من هذا العلم، ينبغي أن يتم تحميض الصورة (أي أن تجعلها مرئية) وتثبيتها (أي أن تمنعها من التلاشي). وقد تم ابتكار العمليات الكيميائية من أجل هذه الأغراض التي أسهم فيها عالم الفلك جون هيرشل إسهامًا كبيرًا عام ١٨٣٢.

من الجدير بالذكر أن علماء الفلك هم أول من استخدموا هذه التقنية الحديثة المتعلقة بالتقاط وتخزين الصور. حيث إنهم التقطوا أول صورة للشمس عام ١٨٤٠ وللقمر عام ١٨٤٢ ولمجموعة من النجوم عام ١٨٥١. فلم يعد العلماء يعتمدون في عملهم على الرسوم الخاصة بسطح القمر أو غيره. فمن الممكن الآن القيام بمزيد من عمليات الرصد في الظلام أو عندما تكون الرؤية جيدة. وعندما تطورت التقنية المتعلقة بالفوتوغرافيا على مدار باقي هذا القرن وأصبحت الرقائق والأفلام المتعددة دقيقة وكذلك سهلة الاستخدام، تطورت بذلك الفوتوغرافيا الفلكية في القدرة والتعقيد. فقد فاقت قوة العين البشرية في تجميع الضوء. إذ يمكن تعريض الرقائق لجزء ما من السماء لعدة دقائق، بل لساعات وبعدها تصبح العناصر البعيدة خافتة الضوء مرئيةً بشكل واضح.

ازداد عدد النجوم المعروفة بشكل هائل. ففي كوكبة الثريا حيثما استطاع جاليليو بنجاح اكتشاف ٤٠ نجمًا غير مرئي من قبل في عام ١٦١٠، توصلت الفوتوغرافيا في القرن التاسع

عشر إلى ٢٠٠٠ نجم. أوضحت صورة فوتوغرافية أخرى أن بقع الضوء الخافتة في كوكبة آندروميدا والمعروفة بالسديم لها شكل لولبي - وقد أصبحت اكتشافًا عظيمًا في ضوء الأحداث التالية (هابل ١٩٢٤). وبحلول عام ١٩٠٠، تمكن العلماء من اكتشاف حوالي ١٢٠٠٠٠ سحابة من هذه السحب السديمية منتشرة عبر السماء مباشرةً.

علاوةً على ذلك، تطور استخدام الفوتوغرافيا مع تقنية أخرى تسمى علم الطيف عام ١٨١٤. فقد عرض جون هيرشل تحليل الضوء المنبعث من الأجرام السماوية لكي يستنتج المكونات التي يتألف منها الضوء. عند تحليل ضوء النجوم، يثبت أن الطيف مألوف - بمعنى أنه عبارة عن ألوان منتشرة باستمرار تتقاطع مع خطوط جميلة سوداء كما هو الحال تمامًا مع ضوء النجوم. لذا، فإن وجود النجوم أصبح حقيقة، الأمر الذي كان مشكوكًا فيه من قبل. وتصبح الشموس الأخرى بفعل هذا البعد الهائل بالغة الصغر. يُظهر الاختلاف الطفيف بين ألوان الطيف أن كل النجوم ليست متشابهة. إن المعلومة التي ستظل أبد الدهر هي أن طيف النجوم ظاهرة قابلة للتصوير.

يعد السديم من الأمور المحيرة بوجه عام. يعتبر عالم الفلك الإنجليزي وليم هوجينز من الرائدين في هذا المجال. وقد فكر علماء الفلك ويقودهم الإنجليزي صاحب التأثير الكبير وليم هيرشل في أن هذه البقع – السحب – السديمية خافتة الضوء ما هي إلا مجموعات من الغازات المتوهجة. لذا، توقع هوجينز أن يرى خطوطًا محددة الشكل مضيئة في الطيف، وهو الشيء الذي يصدره الغاز الساخن في المختبر. يُظهر بعض من السديم هذه الخطوط ولكن الكثير منه يظهر عنه الطيف المستمر المماثل تمامًا للنجوم. لذا، فإن الكثير من أشكال السديم تحتوي على نجوم خافتة جدًا أو قريبة جدًا من بعضها البعض ولا يمكن رؤيتها. وبهذا، انكشف الغموض المصاحب لهذه الفكرة (هابل ١٩٢٤).

تأثير كريستيان دوبلر

١٨٤٢

إن سوء حالة كريستيان دوبلر الصحية منعه من اتباع تقاليد العائلة في أن يصبح بنّاءً. وإذا كان قد حدث ذلك، لأصبح هذا الشخص الأسترالي من الشخصيات المغمورة الآن. على الرغم من أنه أصبح مدرسًا وباحثًا في

أفرع عديدة من علمي الفيزياء والرياضيات، فإنه يرتبط في ذهن العالم في المقام الأول بتأثير دوبلر، ذلك الشيء الذي كتب عنه لأول مرة في عام ١٨٤٢. تبدو فكرته الأساسية الآن أكثر وضوحًا فهي تنص على أن أية حركة للموجات في الهواء أو الماء أو حتى في الفضاء تتأثر بحركة كل من مصدر الموجة ومستقبلها.

لنأخذ الموجات الصوتية في الهواء على سبيل المثال. إذا كان مصدر الصوت – وليكن صفارة إنذار عربة الإسعاف – يتحرك باتجاهك، فإن الموجات الصوتية تميل لأن تتجمع في مقدمة عربة الإسعاف؛ مما يقلل من طول الموجات. ويزيد ذلك من تردد هذه الموجات وبالتالي، ترتفع نغمة صفارة الإنذار. وبالمثل، في حالة تحرك عربة الإسعاف بعيدًا، تمتد الموجات إلى الخلف مما يؤدي إلى طول موجي أطول ونغمة رنين أضعف. وهكذا، فإنه في تأثير صفارة إنذار عربة الإسعاف، تنخفض نغمة رنين صفارة الإنذار فجأة عندما تنطلق عربة الإسعاف بسرعة فائقة. وطبقًا لإحدى الروايات، اختبر دوبلر هذا التأثير مستعينًا بعربة تحمل عازفي موسيقى تمر بجانبه وهو يقف بجوار مسار سكة حديد. وقد توصل إلى أن نغمة رنين الموسيقى تنخفض في اللحظة التي تمر بجواره العربة بالمقدار المحدد الذي تنبأ به.

تستخدم الآن العديد من الأجهزة التي تستفيد من تأثير دوبلر مثل الشاشات فوق السمعية التي يمكن أن تقيس سرعة تدفق الدم في الشرايين والأوردة وأيضًا أجهزة الرادار التي تقدر سرعة الرياح والموجات وتوقع في الشرك السيارات التي تسير بسرعة فائقة.

كما يعتقد دوبلر نفسه، يمكن تطبيق هذا التأثير على الضوء ليوضح السبب في تغير الألوان. كلما كان مصدر اللون أقرب، أصبح اللون أكثر زرقةً (بمعنى أن تردد الإشعاع يزيد). إن حركة المصدر بعيدًا تؤدي إلى التحول للون الأحمر ويعرف هذا الأمر بالزحزحة الحمراء. وبذلك، فإن هذا التأثير أقوى وأكثر الأدوات فاعليةً في علم الفلك. إذ أثبت هذا التأثير أن الأرض تتمدد عام ١٩٢٩ وأن الكواكب توجد حول النجوم وليس حول الشمس عام ١٩٩٥.



إسهامات مارسيلين بيرتوليه في الكيمياء العضوية

١٨٤٥

إن الاكتشاف الذي توصل إليه فريدريك فولر عام ١٨٢٨ بأن اليوريا، المركب المرتبط بالحياة، تتشابه كيميائيًا مع سيانات الأمونيوم المعدنية النقية أحدث ما هو أكبر من الصدمة لأصحاب المذهب الحيوي؛ وهو المذهب القديم الذي يؤمن بأن الكائنات الحية تمتلك خاصية متأصلة فيها تبعد كل البعد عن الاستكشاف العلمي. وقد ساعد هذا الاكتشاف على بداية الدراسة المنهجية لنطاق واسع من المواد الكيميائية التي ترتبط بالحياة والمعروفة باسم المواد الكيميائية العضوية مما يؤدي إلى بذل جهد من أجل تحضير هذه المواد في المختبر.

كانت أولى المواد الكيميائية التي تم تحضيرها في المختبر عام ١٨٤٥ من عناصرها (الكربون والأكسجين والهيدروجين) هي حمض الخليك الذي كان ينتج سابقًا فقط من خلال تخمر النبيذ بواسطة الخميرة (والاسم الشائع له هو الخل). من المناصرين لهذه التجربة الكيميائي الفرنسي مارسيلين بيرتوليه الذي كان والده يعمل مع لافوازييه. فقد قام بتحضير أنواع متنوعة من الكحوليات بالإضافة إلى غاز الميثان (الذي ينبعث من الفحم في المناجم كغاز المناجم) والبنزين السائل (الذي استخرجه مايكل فاراداي لأول مرة من زيت الحوت). كثيرًا ما يتداخل الحد الفاصل بين المواد الكيميائية العضوية وغير العضوية لدرجة يصعب معها تحديد موضع هذا الفاصل.

تعتبر معظم المركبات الكيميائية العضوية أكثر تعقيدًا من الأخرى غير العضوية. فقد تم تقسيمها بالفعل تقسيمًا ثلاثيًا إلى البروتينات والدهون والسكريات. تحتوي جميع هذه المواد على الكربون والأكسجين والهيدروجين. وتحتوي البروتينات على النيتروجين أيضًا. أما السكريات، فتحتوي على ذرات الهيدروجين والأكسجين بنسبة اثنين إلى واحد كما هو الحال في الماء. لذا، فقد أطلق عليها عمومًا الكربوهيدرات.

سرعان ما ثبت أن مثل هذه المركبات المعقدة تتحلل إلى مركبات أصغر وأبسط عن طريق عملية التسخين وإضافة بعض من الحمض الضعيف أو القلوي. قام أحد الكيميائيين الروسيين في عام ١٨١٢ بالفعل بتسخين النشا الكربوهيدراتي في وجود حمض ما، وكانت النتيجة أنه توصل إلى سكر بسيط سمي فيما بعد بالجلوكوز. وبعد ذلك بثماني سنوات، نفذ

أحد الكيميائيين الفرنسيين التجربة نفسها مع الجيلاتين البروتيني (الذي ينتج عن غلي العظام) وفصل عنه مادة بسيطة عرفت باسم الجليسين وهي واحدة من أول الأحماض الأمينية. وفي الوقت نفسه تقريبًا، استخلص العلماء الأسبرجين من الهليون والسيستئين من حصوات الكلية. بل وقبل ذلك، جاء كيميائي فرنسي آخر وفعل الشيء نفسه مع الدهون مستخرجًا الأحماض الدهنية. تتكون جميع أنواع الدهون من ثلاثة أحماض دهنية مرتبطة بمركب يعرف بالجليسرول.

إن الكيمياء العضوية الآن كفيلة لأن تُفقد المرء منا عقله وصوابه. فهي تعطي أيًا منا الانطباع بالغابة البدائية المدارية المليئة بأغرب الأشياء؛ أي أنها أحد الأدغال التي لا مفر منها ويفزع من تطأ قدمه أرضها.

فريدريك فولر (١٨٨٥) في خطاب لعالم الكيمياء جونس برزيليوس.

اتخذ بيرتوليه خطوة جديدة ومثيرة إلى الأمام. فقد بدأ في تحضير بعض من هذه المركبات البسيطة مع بعضها البعض بصورة لم تحدث طبيعيًا. فعلى سبيل المثال، مزج الجليسرول مع المركبات التي تقوم بوظيفة الأحماض الدهنية ولكنها لم تُستخلص من الدهون. وانتهى به الأمر إلى إنتاج الدهون التركيبية، وهي مركبات تندرج بوضوح تحت قائمة الدهون نفسها التي تنتج طبيعيًا. ولكن لا تقوم الطبيعة مطلقًا بإنتاجها. لذا، فقد أصبح بإمكان الكيميائي تحضير مركبات غير متوفرة في الطبيعة. ومن هنا، أصبح لا وجود الآن للمذهب الحيوي وقد حل محله العلم الحديث المعروف بالكيمياء العضوية، وهي الدراسة المنهجية للمركبات التي تصنعها الكائنات الحية محتوية جميعًا على الكربون. وفي وقت ما أصبح من الضروري إفشاء أسرار كل هذه المركبات.

إسهامات مايكل فاراداي في التوحيد بين الكهرومغناطيسية والضوء

١٨٤٥

كان الفيزيائي الإنجليزي مايكل فاراداي عضوًا ورعًا في كنسية صغيرة. ولإيمانه بمبادئ التواضع والإيثار، رفض فاراداي أوسمة الشرف مثل مركز الفارس النبيل ورئاسة الجمعية الملكية.

ألهمه تدينه الاعتقاد في الوحدة بين أجزاء الطبيعة التي هي منبع الكثير من اكتشافاته. ففي عام ١٨٣١، انتهى من التوحيد بين الكهرباء والمغناطيسية عن طريق اكتشاف الحث الكهرومغناطيسي. وبحلول عام ١٨٣٤، اتحدت كل من الكيمياء والكهرباء في الأساس من خلال البحث الذي قام به. ولكن، كان على أعظم الإنجازات التي حققها، والذي يتمثل في الجمع بين الكهرومغناطيسية والضوء، الانتظار لحين امتثاله للشفاء من الانهيار العصبي الذي أصابه نتيجة للاندماج الشديد في العمل.

عندما عاد فاراداي إلى العمل الجاد في الجمعية الملكية عام ١٨٤٥، وصله خطاب من عالم الفيزياء البريطاني طومسون عام ١٨٤٦ يقترح فيه أن الأشعة الضوئية تنتج عن تفاعل المجالين الكهربائي والمغناطيسي. يتذبذب كل من هذين المجالين للأمام والخلف عند الزوايا القائمة بالنسبة للاتجاه الذي تتحرك فيه الأشعة. وعند استقطاب الضوء، يصبح للمجال الكهربائي اتجاه ثابت في الفضاء (مستوى الاستقطاب) مع ضبط المجال المغناطيسي عند الزوايا القائمة له. لذا، فإن المجال المغناطيسي الخارجي القوي عليه أن يعمل على انحراف المجال الداخلي للأشعة الضوئية، وبالتالي يغير من اتجاه مستوى الاستقطاب المرتبط بها. يمكن قياس هذا التغير بصورة مباشرة (ماليوس – ١٨٠٨). كان فاراداي أعظم علماء الفيزياء التجريبية في عصره؛ لدرجة أن طومسون تصور أنه ما من أحد قادر على اكتشاف تأثير طومسون سوى فاراداي.

لا يدرك العالم إلا القليل عن الأفكار والنظريات التي تجول بخاطر أي باحث علمي وتلك التي تصطدم وتتعارض مع بعضها البعض بسبب النقد الذي يوجهه لنفسه.

مايكل فاراداي

في الواقع، لم تكن فكرة الربط بين المغناطيسية والكهرباء والضوء فكرة حديثة بالنسبة للعالم فاراداي لأنه بحث بالفعل في هذا التأثير من قبل. ولكن يبدو أن المجال أصبح الآن فسيحًا لإثباتها. وعندما استنهضه تأثير طومسون، حاول فاراداي من جديد إثبات صحة هذه الفكرة؛ وفي هذه المرة توصل بالفعل إلى مراده. فالمجال المغناطيسي القوي المرسل عبر قطعة من الزجاج موازية لشعاع من الضوء يمكن أن يغير بالفعل من مستوى الاستقطاب. وهو التأثير الذي يعرف حاليًا بدوران فاراداي. كلما كان المجال المغناطيسي أكثر قوةً، تغير مستوى الاستقطاب بصورة أكبر. لذا، فإن الضوء يحدد بالفعل ارتفاع أو انخفاض درجة الكهرومغناطيسية.

ألهمت هذه النتيجة، إلى جانب الاكتشافات العديدة الأخرى للعالم فاراداي، المبدع الاسكتلندي في علم الرياضيات جيمس كلارك ماكسويل بالأفكار الخاصة به عام ١٨٧١. فهو لم يثبت رياضيًا أن الضوء عبارة عن موجات مغناطيسية كهربائية فحسب وإنما تنبأ أيضًا بوجود الأشكال الأخرى لمثل هذه الموجات. توصل هاينريتش هيرتز عام ١٨٨٨ إلى هذه الموجات التي عرفت فيما بعد بالموجات اللاسلكية. وبذلك، فإن فكرة الموجات بعدت عن معمل فاراداي قليلاً واتجهت إلى معمل ماكسويل.

إن دوران فاراداي كان آخر اكتشافاته المهمة. بدايةً من منتصف خمسينيات القرن التاسع عشر، بدأت قوى فاراداي العقلية والبدنية في التدهور وتوفي في عام ١٨٦٧ وهو في السادسة والسبعين من عمره. استمرت عضويته في المعهد الملكي لأكثر من نصف قرن.

اكتشاف كوكب نبتون

١٨٤٦

إن اكتشاف كوكب أورانوس على يد وليم هيرشل عام ١٧٨١ ضاعف حجم النظام الشمسي وازداد عدد الكواكب المعروفة من ٦ إلى ٧ كواكب. فلم يكن أحد يتوقع اكتشاف كوكب آخر في ذلك الوقت. فقد توصل إليه هيرشل مصادفةً. كما أنه لم يكن أحد يعرف ما إذا كانت هناك كواكب أخرى أو لا، ولكن استمر الفحص الدقيق لكوكب أورانواس وهو يتحرك ببطء بطول مداره الذي يصل إلى ٤٨ سنة حول الشمس.

سرعان ما اتضح أن شيئًا ما ينجلي من ذلك الظلام. جادل جوهانس كبلر عام ١٦٠٩ بالأدلة أن الكواكب تتبع مسارًا محددًا يعرف بالإهليلج. وقد أثبت إسحاق نيوتن أن الأمر كذلك بالفعل طالما أن جاذبية الشمس هي القوة المؤثرة والوحيدة المستخدمة في عملية البحث في ذلك الوقت. ولكن لكوكب أورانوس رأيًا آخر في ذلك؛ حيث بدأ في الانحراف عن مساره المتوقع بشكل ملحوظ والتفسير المنطقي الوحيد لذلك هو وجود كوكب آخر لا زال بعيدًا عن الشمس، يسحبه بعيدًا عن مساره. وكان هذا هو الاعتقاد المصاحب لحركة الأجرام السماوية التي استطاع اثنان من علماء الرياضيات وهما جون كوش آدمز في إنجلترا ولوفيرييه في فرنسا تقدير المكان الذي ينبغي أن يقع فيه الكوكب الجديد. وببساطة، يوجه التليسكوب في اتجاهه وبالتالي يتمكن من تحديده.

حاول آدمز - الذي انتهى من تصوراته وقياساته أولاً - أن يجعل عالم الفلك بالمرصد الملكي جورج آيري يلقي نظرة ولكن آيري اعتقد أن المرصد الملكي في جرينتش ينبغي أن يتمسك بضبط الوقت والإبحار. ولكنه غير رأيه بعدما قدم لوفيرييه تصوراته بعد ذلك بعدة سنوات؛ مؤكدًا بذلك تنبؤ آدمز. ثم سرعان ما طالب المرصد الخاص بجامعة كامبريدج بالبدء في البحث ولكن الوقت كان قد فات. وفي ذلك الوقت، جعل مرصد برلين يتولى مسئولية البحث في تلك القضية. وفي مساء ٢٧ سبتمبر ١٨٤٦، ذاعت شهرة جوهان جالي بعدما تمكن من تحديد موقع الكوكب الثامن. وقد ثبت أن كوكب نبتون وهو الاسم الذي أطلق سريعًا على هذا الكوكب يبعد بمسافة أكبر من كوكب أورانوس ويستغرق حوالي ضعف طول المدة (١٦٥ سنة) لكي يكمل سنته.

اكتشف جالي هذا الكوكب في اليوم نفسه الذي بدأ فيه البحث. أما المرصد الخاص بكامبريدج فقد رأى الكوكب، الشبيه بالنجم المعتم، أربع مرات في أثناء عملية البحث ولكنه فشل في التعرف عليه. مع ذلك، كانت الإساءة للبريطانيين كبيرة عندما تم الاعتراف بأن الفرنسيين والألمان هم من نالوا جائزة هذا الاكتشاف، ولا يُلام أحد في ذلك غير عالم الفلك بالمرصد الملكي جورج آيري.

في غضون شهور قليلة، أثبت كوكب نبتون أنه ليس الكوكب الوحيد الذي يدور في هذا المكان. فقد تم اكتشاف قمر مصاحب له. وقد تجاهل البريطانيون ذلك أيضًا واكتشف القمر أحد العلماء الفرنسيين.

إسهامات طومسون في علم الفيزياء

١٨٤٦

كان وليم طومسون الأيرلندي الذي عُرف فيما بعد باسم لورد طومسون علامة بارزة في مجال العلوم في القرن التاسع عشر. فقد نال جميع الأوسمة المعروفة في ذلك العصر. نال رتبة فارس وهو في سن ٤٢ ولقب بالنبيل وهو في سن ٧٠ وكان أول من حصل على وسام الاستحقاق. وكان رئيسًا للجمعية الملكية ومنح عشرات من الميداليات وشهادات التقدير إلى أن دُفن أخيرًا بالقرب من إسحاق نيوتن. فمنذ عام ١٨٤٦ ولمدة ٥٣ عامًا، تولى طومسون عرش دراسة الفلسفة الطبيعية في جامعة جلاسجو. وقد احتفل بيوبيل تنصيبه (وكان حينئذ في سن ٢٢) في عام ١٨٩٦ بواسطة مجموعة لم يسبق لها مثيل من الشخصيات البارزة.

جاء هذا الاعتراف حتمًا بعد عمل مضن ساهم به في جميع مجالات الفيزياء في عصره. بدأ الآخرون عملهم وذاعت شهرتهم بناءً على هذه الأفكار التي تدفقت من عقل طومسون. إن دراسته لقانوني الديناميكا الحرارية عام ١٨٦٥ ومحاولته لتحديد الصفر المطلق عام ١٨٤٨ كان يمكن أن تجعله يفوز بجائزة نوبل إذا كانت متاحة في ذلك الوقت. لقد وقف على أهمية البحث في وقت كانت فيه المختبرات المجهزة تجهيزًا جيدًا في بريطانيا كلها توجد فقط في المعهد الملكي في لندن. ففي مدينة جلاسجو، أعد تجاربه في قبو أسفل أحد المقاهي.

أؤمن دائمًا بأن قياس ما تفكر فيه والتعبير عنه بالأرقام يجعلك تلم بأطراف الفكرة، وإن لم تفعل، فستصبح معرفتك بالتالي ناقصة وغير مرضية.

لورد طومسون

امتد تأثير طومسون الكبير إلى التكنولوجيا أيضًا. فقد ساعد إدراكه لعلمي الفيزياء والرياضيات المتعلقين بالتيارات الكهربائية المتدفقة في الأسلاك الطويلة في صنع أول كابل تلغرافي ممتد عبر الأطلسي في عام ١٨٦٩. وقد اخترع العديد من قطع المعدات والأجهزة الضرورية مثل الجلفانومتر المزود بمرآة والمسجل المثعبي من أجل التجهيز لمشروعه. طور طومسون الآلات المستخدمة في قياس وتحليل ومحاكاة الأشكال المعقدة للمد والجزر في المحيطات. وكانت هذه الآلات بمثابة أول أجهزة كمبيوتر نسبية قبل أن يفكر أي شخص في مثل هذه الأشياء بوقت طويل.

الأكثر أهميةً من ذلك هو أن طومسون قد شغل باله في أثناء عمله بالقياسات والمعايير الدقيقة وانتشرت هذه الروح بين زملائه. وقد قال ذات مرة: "للحصول على أقصى استفادة ممكنة من الأشياء، عليك القياس". وذكر أيضًا الكثير من الأمور الأخرى، نذكر منها في عام ١٩٠٠ حين تمنى لو لم يكن قد أجرى مثل هذه القياسات. ← ١٨٤٨

إسهامات لويس باستور في علم الكيمياء

١٨٤٧

كان لويس باستور واحدًا من العلماء العظماء الذين لم تتضح معالم نبوغهم في فترة الشباب. وقد وصف المعلمون هذا الصبي المنتمي إلى أب فرنسي فقير يعمل دباغًا بأنه من طبقة متوسطة. ومع ذلك، فإنه بذل جهدًا وافيًا في الجامعة كي يؤمن لنفسه الحصول على الدكتوراه والعمل كعالم كيميائي.

ذاع صيته لأول مرة عام ١٨٤٧ (وعمره ٢٧ عامًا) بعد أن درس حمض الطرطير الذي اكتشفه بين رواسب الكحول (وهو الموضوع الذي عاود الدراسة فيه عدة مرات). صنع بلورات من الحمض وفحصها بعدة طرق منها طريقة الضوء المستقطب (ماليوس - ١٨٠٨). وهي باختصار، إن المجال الكهربائي يجعل شعاعًا من الضوء يتذبذب من جانب إلى آخر وفي جميع الزوايا. ويمكن استقطاب هذا الضوء عن طريق مروره عبر مرشح معين يسمح بتحرك المجال الكهربائي للأمام والخلف في اتجاه واحد فقط وهو ما يُطلق عليه مستوى الاستقطاب.

قام باستور بتمرير شعاع من الضوء عبر محلول من حمض الطرطير. ولاحظ أن مستوى الاستقطاب يشير إلى اتجاه مختلف إلى حد ما (تحول اتجاه الضوء ناحية اليمين). وفي

الوقت نفسه، توصل مايكل فاراداي في إنجلترا عام ١٨٤٥ إلى أن المجالات المغناطيسية لها التأثير نفسه. وكحال معظم المواد الكيميائية التي ترتبط بالكائنات الحية (١٨٢٨)، من الممكن تركيب حمض الطرطير كيميائيًا. أصاب باستور الذهول لأن الحمض المصنوع كيميائيًا لا يؤثر في الضوء المستقطب. عند فحصه لمقدار كبير من البلورات تحت الميكروسكوب، فوجئ أن ثمة نوعين من البلورات متماثلان في الشكل ولكنهما منعكسان وكأن أحد النوعين يعد صورة منعكسة للنوع الآخر.

علاوةً على هذا، صنف باستور هذه البلورات بعد جهد شاق إلى مجموعتين وصنع المحلول الخاص بكل منهما. وجد أن أحد النوعين غير من اتجاه مستوى الاستقطاب إلى اليسار والآخر جعله إلى اليمين. ذكر أن حمض الطرطير يتم تحضيره كيميائيًا من خليط من النوعين؛ لكن الأمر لم ينتهِ به إلى شيء مطلقًا. بما أن أشكال البلورات تعكس شكل وتركيب الجزيئات داخلها كما أثبت عام ١٧٨٤، فإنه ينبغي أن تتماثل هذه الجزيئات ولكنها تختلف مثل قفازي اليد اليمنى واليسرى.

لقد أدرك باستور حقيقة بليغة عن الطبيعة بأنها متماسكة. فمنذ عصر باستور، أظهرت جهود ١٥٠ عامًا من البحث أن معظم المواد الكيميائية التي تُستخلص من الطبيعة يكون لها الخصائص نفسها. والآن أصبح بإمكان الكيميائي تحضير أشكال متنوعة لبعض المواد الكيميائية العضوية بسهولة في المختبر، ولكن ليس باستخدام الكائنات الحية الموجودة في الطبيعة. والعكس صحيح بالنسبة لبعض المواد الكيميائية الأخرى التي هي في الأصل طبيعية؛ ولكن قام الكيميائي بتحضير جميعها استنادًا إلى الطبيعة. لكن تُرى لماذا يسير الأمر على هذا المنوال؟ ربما تعود الإجابة إلى تاريخ الحياة على سطح الأرض. ← ١٨٥٦

إسهامات إجناز سميلويس في مجال الطب

١٨٤٧

كان مرض حمى النفاس أحد الأمراض الخطيرة التي كانت منتشرة في مستشفيات الولادة مما تسبب في وفاة واحدة من كل عشر سيدات في أثناء الأيام القليلة الأولى للولادة. اعتقد معظم الأطباء أنه لا مفر من ذلك، فهم لا يملكون أية معلومات عن سبب المرض ولا يستطيعون فعل شيء حيال هذا الأمر. لكن، لم

يتفق مع هذا الرأي اختصاصي النساء والتوليد مجري الأصل إجناز سميلويس. ففي عام ١٨٤٧، في أثناء عمله في إحدى كبرى مستشفيات الولادة في فيينا، لاحظ أن معدل الوفيات يتفاوت فيما بين جناحين في المستشفى بنسبة تتراوح بين حوالي ٢٪ إلى ما يزيد عن ١٣٪. هذا، على الرغم من احتواء الجناحين كليهما على مرضى حالات متشابهة مع استخدام تقنيات متشابهة. قرر سميلويس أن يتحقق من هذا الأمر وهذا التفاوت رغم معارضة رؤسائه الذين يعتقدون أن مثل هذا التحقيق عديم الأهمية.

توصل سميلويس بعدها وبسرعة إلى تفسير ممكن لهذا التفاوت؛ حيث قال إن الجناح الذي يضم نسبة عالية من الوفيات هو مكان لتدريب طلاب الطب الذين ينبغي عليهم تشريح جثث الأمهات اللاتي توفين إثر إصابتهن بالحمى. أما الجناح الآخر فهو لتدريب القابلات أو من تساعدن في عملية الولادة. لذا، ربما تحمل أيدي الأطباء الذين يغادرون حجرة التشريح ويتوجهون مباشرةً إلى حجرة الولادة بعض من جسيمات العدوى التي تسبب بالتالي الحمى القاتلة للأمهات الجدد. عندما قام الطلاب في جناحه الخاص بغسل وتطهير أيديهم في محلول الجير المعالج بالكلور، انخفض معدل الوفيات بوضوح إلى ٢ بالمائة فقط. أما عملية غسل أدوات الجراحة قبل الاستخدام فقد عملت على تقليل معدل الوفيات إلى أقل من ١ بالمائة.

لم يتقبل زملاؤه هذا النجاح بصدر رحب. فقد اعتقد البعض أن المرض جاء نتيجة للتأثيرات أو الأجواء الضارة أو السامة (سنو – ١٨٥٤) أو لعدم توازن سوائل الجسم وبالتالي، فإن غسل الأيدي في هذه الحالة لا يجدي. بالإضافة إلى ذلك، فإن غسل الأيدي عند الانتقال بين المرضى يستغرق وقتًا طويلاً بالنسبة للأطباء المشغولين. لم يكن سميلويس مدافعًا مقنعًا عن أفكاره وكان يرغب عن الدفاع عنها جهرًا. لم يقبل بعض من الأطباء آراءه لأن ذلك يتطلب منهم الاعتراف بأن ممارستهم للعمل قبل ذلك أدت إلى تسببهم في وفاة كثير من البشر.

عاد سميلويس إلى المجر بعد طرده من فيينا ومعه قليل من المال. لكنه، اشتهر بمزاولة مهنة الطب في المجر وأوضح مدى تأثير الأساليب الخاصة به على تقليل وفيات النفاس، ولكن باغتته المرض العقلي وتوفي وهو لم يتجاوز السابعة والأربعين من عمره. يُروى أنه توفي إثر

إصابته بمرض حمى النفاس بعد أن وصلت إليه العدوى من خلال جرح في يديه. وعندئذٍ، وضع إجناز سميلويس (١٨٦٢) وآخرون حجر الأساس لنظرية الجراثيم المسببة للمرض مكتشفين نوع الجسيمات المعدية التي تعمل على انتشار المرض. وبعدها، قبلت إحدى المؤسسات الطبية النتائج التي توصل إليها سميلويس الذي أنهى حياته بين الأمهات الجدد.

إسهامات وليم بارسونز في صناعة التليسكوبات وعلم الفلك

١٨٤٧

منذ أن استعان جاليليو وآخرون لأول مرة بالتليسكوب لإجراء عملية مسح للسماوات المظلمة في عام ١٦١٠، تطور بعدها التليسكوب تطورًا عظيمًا في الحجم والقوة والتعقيد. وقد كان الحجم دائمًا من الأمور المهمة، فالتليسكوبات كبيرة الحجم ذات المرايا والعدسات الواسعة تكون قادرة على التقاط كمية أكبر من الضوء.

كما تتميز بقدرتها على رؤية الأشياء البعيدة وتصوير الأجسام خافتة الضوء وتحديد أدق التفاصيل. وكانت في الوقت نفسه باهظة التكاليف وصعبة الاستخدام، ولكن واصل العلماء استخدامها. بلغ تطور التليسكوب ذروته في عام ١٧٨٩ بالتليسكوب العملاق الذي صنعه وليم هيرشل في مدينة سلو الواقعة غرب لندن، والمزود بأنبوبة يصل طولها إلى ١٢ مترًا ويزيد قطرها عن المتر. وجد هيرشل أن التليسكوب سبب له مشاكل أكبر مما يحققه من فوائد.

تحسنت أوضاع هيرشل فقط عن طريق الجمع بين شغفه بعلم الفلك وثروته الطائلة. أراد وليم بارسونز، ذلك الشخص الثري الأيرلندي الذي كان يُلقب بإيرل مقاطعة روس صناعة أكبر التليسكوبات حجمًا على الإطلاق. وقد حقق مراده وصنعه بالفعل بحلول عام ١٨٤٧، على الرغم من العوائق التي واجهها نتيجة لمجاعة البطاطس. لقد انبهر العالم بالتليسكوب ذي الأنبوبة التي يقدر طولها بعشرين مترًا ومرآة مصقولة معدنية قطرها ٢ متر (فالمرايا المصنوعة من الزجاج المطلي بالفضة لم تكن متاحة في ذلك الوقت). لم تُوجه هذه الآلة العملاقة إلى أجزاء السماء المتفرقة؛ ولكنها عُلقت من جدران شاهقة وسقالة مصنوعة من الخشب لتتمكن من مراقبة ورصد النجوم والكواكب لمدة ساعتين كلما مرت أعلاها.

أدى التليسكوب عمله ببراعة شديدة. فقد أظهر نجومًا تخفت بصورة أكبر من تلك التي يمكن رؤيتها بالعين المجردة بحوالي ١٠٠٠٠ مرة. تمكنت مقاطعة روس كلها من رؤية فوهات البركان الصغيرة والجداول المتدفقة على سطح القمر والتفاصيل الجديدة والدقيقة على سطح كل من المريخ والمشترى وزحل. وفي عام ١٨٧٧، أكد هذا التليسكوب الضخم على وجود الأقمار المكتشفة حديثًا والتابعة لكوكب المريخ.

ظهرت الأهمية الكبرى لهذا التليسكوب فيما يتعلق بالنجوم. فباكتشاف هذا التليسكوب، تحولت بعض أشكال السديم خافت الضوء من مجرد نقط ليس لها معالم تحددها إلى أشكال لولبية ضوئية جذابة. وقد تعرف التليسكوب سريعًا على المئات من أشكال السديم اللولبي. وهنا، تظهر بعض الأدلة التي تدعم رأي إيمانويل كنت قبل ذلك بمائة عام (١٧٥٠) بوجود مجموعات هائلة من النجوم فيما بين أشكال السديم وتقع وراء كوكب الأرض. ظلت هذه الفكرة إحدى الأفكار الجوهرية، المرفوضة من قِبل معظم علماء الفلك، لمدة ٨٠ عامًا أخرى (١٩٢٤).

لكن، لم يستمر استخدام هذا التليسكوب الضخم لفترة طويلة فقد كان عمره قصيرًا. فقد أثبتت تكاليف الصيانة الخاصة به وغيرها من العوامل الأخرى أنه لا جدوى منه عام ١٨٧٨ تقريبًا. ومع ذلك، لم يفوقه تليسكوب آخر في الحجم على مدار سبعة عقود أخرى. ولا يزال يوجد إلى الآن في وسط أيرلندا وأعيد تنشيطه أخيرًا للسائحين.

وضع جيمس جول للقانون الأول للديناميكا الحرارية

١٨٤٧

من المؤكد أن أي شخص يتبع نظامًا غذائيًا محددًا قد سمع عن جيمس جول الذي كان يعمل كفيزيائي. وقد سميت وحدة قياس الطاقة التي يحتويها الغذاء نسبةً إليه. تُقاس الطاقة بجميع أشكالها الآن بوحدة القياس جول.

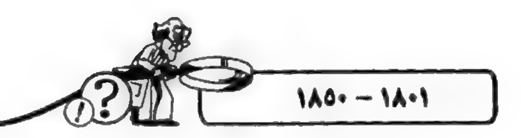
درس جول العلوم عام ١٨٠١ مع جون دالتون مكتشف النظرية الذرية، والمواطن الأكثر شهرةً في مدينة مانشستر. أثار المحرك الكهربائي اهتمام جول وهو الأمر الذي حثه إلى الاهتمام بدراسة الطاقة، ذلك المصطلح الذي يعد واحدًا من المصطلحات الحديثة في ذاك

الوقت ومصطلح "الشغل" المتعلق به ومحاولة الربط بينهما وبين الحرارة. كان جول رجل دين ورع مثله مثل الكثير من العلماء في ذلك العصر. ربما حاول اقتفاء أثر هذه العلاقة بين الطاقة والشغل والحرارة لرغبته في إيجاد شكل من أشكال الترابط بين الظواهر المختلفة في الطبيعة.

يعلم جول جيدًا أن رفع ثقل ما في مقابل قوة الجاذبية يتطلب بعض الشغل. وبالتالي، فإن سقوط الثقل يسمح بإنتاج الطاقة. ويعلم أيضًا أن الحرارة "الطاقة" تزيد من سخونة الماء. لذا، قام ببناء جهاز جيد يدفع فيه الثقل الساقط المحراك إلى تحريك الماء في إناء عازل ثم تسخينه. أعد بعدها مقارنة بين الطاقة التي تتولد من الثقل الساقط والحرارة التي تمثلها درجة حرارة الماء المرتفعة. وبتكرار هذه التجربة عدة مرات على مدار أربعينيات القرن التاسع عشر، اتضح أن النسبة بين الدرجتين دائمًا متماثلة. لذا، فإن الشغل لفترة طويلة ينتج عنه كمية هائلة من الحرارة طبقًا لهذا القانون. حدد جول معدل تبادل ثابت بين الشغل والحرارة، المعدل الذي سمي فيما بعد بالمكافئ الميكانيكي للحرارة. وقد أطلق عليه البعض مكافئ جول.

إن كلاً من الشغل/ الطاقة من ناحية والحرارة من ناحية أخرى وجهان لعملة واحدة. فالحرارة هي الشغل والشغل هو الحرارة، مما يمثل القانون الأول للديناميكا الحرارية. من الممكن تحويل الشغل إلى حرارة والعكس صحيح من خلال محرك بخاري على سبيل المثال ولكن (وهذه هي النقطة الحاسمة) دون فقد أي شيء مطلقًا في عملية التحويل. فالطاقة لا تفنى أو تستهلك من العدم وإنما ببساطة تتحول من صورة إلى أخرى. وبذلك، فإن أي فقد أو زيادة في الطاقة يكون واضحًا.

توصل جول إلى علاقة مماثلة أخرى تتعلق بالكهرباء. وتتمثل تلك العلاقة في حركة الشحنات الكهربائية التي يمكن أن تتحول إلى حرارة من خلال نوع ما من أنواع الاحتكاك الكهربائي المعروفة بالمقاومة (١٨٢٦). يتساوى المعدل الذي تنطلق عنده الحرارة (القوة وتُقاس بالوات) مع الجهد مضروبًا في التيار. عند كتابة هذه الصيغة باستخدام الرموز الرياضية، فإنها تشكل بذلك معادلة جول.

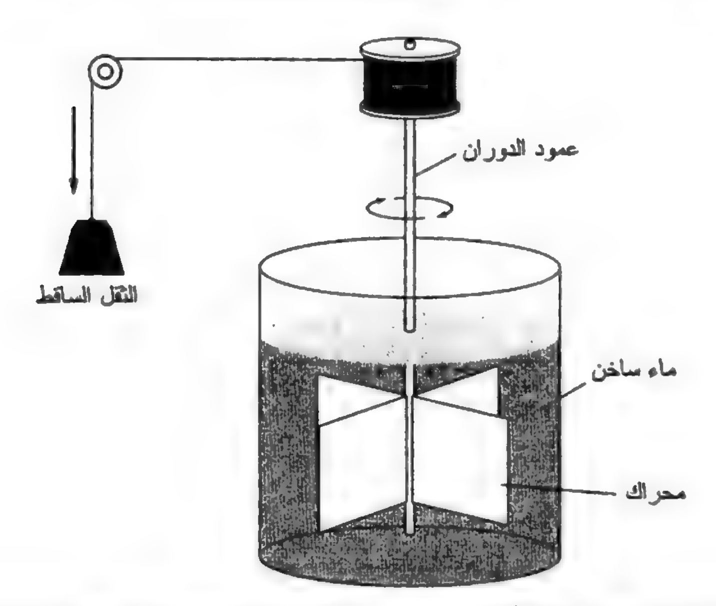


وحدة الجول

الجول هي وحدة قياس الطاقة أو الشغل. يتولد ١ جول من الشغل عندما يتحرك جسم ما بقوة قدرها ١ نيوتن لمسافة ١ متر. ينطلق جول واحد من الطاقة كل ثانية بواسطة تيار كهربائي شدته ١ أمبير يتدفق بمقاومة قدرها ١ أوم.

الوات

الوات (نسبةً إلى رائد المحركات البخارية في القرن الثامن عشر) هي وحدة قياس القوة؛ بمعنى معدل الطاقة الداخلة أو الخارجة. ١ وات يساوي ١ جول في الثانية. أما القدرة الحصانية الواحدة فتساوي ٧٤٥ وات.



يشير الشكل إلى التجربة التي أوضح بها جيمس جول قانون بقاء الطاقة. يفقد الثقل (الساقط بسرعة ثابتة) الطاقة الكامنة (المختزنة) كلما اقترب من مركز الأرض. ومن خلال السلك الذي يلتف حول عمود الدوران والمحراك الملحق به، تنتقل هذه الطاقة إلى الماء وتتحول إلى حرارة تعمل على تسخين الماء. لا يُفقد أي مقدار من الطاقة تحت الظروف المثلى.

ذُكر قانون جول لبقاء الطاقة لأول مرة في محاضرة عامة عام ١٨٤٧ بعد أعوام من إجراء التجارب. واجه جول الآراء التشكيكية من أولئك الذين يشكون في دقته التجريبية أو ممن يؤيدون نظرية السيال الحراري التي دحضها جول وأضعفها. ولكن، وبنهاية أربعينيات القرن التاسع عشر، انتهى الصراع بينهما. يعود الفضل إلى مايكل فاراداي في استجابة الجمعية الملكية للفكرة التي توصل إليها جول، وأصبح بعدها مباشرة عضوًا في الجمعية. كما أصبح على علاقة قوية بالعالم طومسون وقد ثبتت جدوى هذه العلاقة. ← ١٨٥٢

إسهامات جونس برزيليوس في صياغة المصطلحات الجديدة

١٨٤٨

من الصعب المغالاة في تقدير تأثير جونس برزيليوس على تطور علم الكيمياء؛ ذلك السويدي الذي توفي عام ١٨٤٨ وكان عضوًا من أعضاء الرابطة التي ضمت أنطوان لافوازييه وجون دالتون. فقد ساهم بالأفكار الجديدة الفعالة في تفسير الكم الهائل من المشاهدات والملاحظات وصياغتها في مصطلحات جديدة تتلاءم مع الظواهر الحديثة.

لهذا الرأي بعض من العيوب. فقد زاد تأثيره بدرجة كبيرة؛ لدرجة أنه هو الذي أصبح يحدد أي النظريات تكون مقبولة وأيها لا يُقبل (كما هو الحال في نظرية نيوتن). وبالتالي، فإن الأفكار التي لا يهتم بها تقع في إطار الغموض على الرغم من إثبات صحة الكثير منها بعد ذلك. وكانت افتراضات أفوجادرو عام ١٨١١ خير مثال على ذلك.

رغم ذلك، كان تأثيره الكبير يخطو قدمًا نحو الأمام بصفة مستمرة، فحتى وقت متأخر من حياته كان يقوم بصياغة مصطلحات جديدة. وفي عام ١٨١٤، عرض أسلوبًا جديدًا يلخص فيه التفاعلات الكيميائية عن طريق استخدام الرموز مكتوبة في معادلات. ساعده اكتشاف فريدريك فولر عام ١٨٢٨ بأن كلاً من اليوريا وسيانات الأمونيوم تتشابهان في التركيب الكيميائي ولكن لكل منهما خصائص مختلفة تمامًا عن الأخرى في صياغة مصطلح الأيسومرات ليدل على المركبات التي تتشابه في تركيب الذرات ولكنها تترتب مع بعضها البعض بطريقة مختلفة. وعلى هذا، أدرك أن البنية وطريقة ترتيب الذرات أقل في الأهمية من التركيب.

في عام ١٨٣٥، جمع الأدلة مع بعضها البعض ليصرح بأن التفاعلات الكيميائية التي تتم في واقع الحياة أو داخل أنبوبة الاختبار يمكن زيادة سرعتها عن طريق وجود بعض من المواد الكيميائية غير المستهلكة. تعمل معظم هذه التفاعلات على تحلل العناصر معقدة التركيب إلى عناصر أخرى أبسط منها. لذا، سميت هذه الظاهرة بعملية الحفز - الوساطة الكيماوية - والمواد الكيميائية المتضمنة تسمى بالعوامل المساعدة. وفي عام ١٨٣٨، صاغ مصطلح بروتين وهو المصطلح الشامل للعديد من المركبات الموجودة في الأنسجة النباتية والحيوانية والتي جميعها تحتوي على النيتروجين. تبدو صياغة مثل هذه المصطلحات أمرًا غاية في الأهمية حيث قام بدمج الكلمة اليونانية Proto لتكون بمعنى أول (والتي استخدمت أيضًا في الكلمات البروتوبلازم وأوليات البروتوبلازم وأخيرًا البروتون).

علاوةً على ما سبق، فإنه في عام ١٨٤٠، قام بصياغة مصطلح الصورة المتأصلة لتدل على الأشكال المختلفة التي يتخذها عنصر من العناصر، مثل: الكربون مع الخواص المميزة لكل شكل من هذه الأشكال. إن الجرافيت الزيتي الناعم (يطلق عليه أحيانًا اسم الرصاص كالقلم الرصاص) والسخام سهل التفتيت والماس - أكثر المعادن جميعها صلابةً - هي جميعًا صور متأصلة لعنصر الكربون النقي. أثبت الإنجليزي همفري دايفي أنه عند إشعال النار في إحدى قطع الماس، فإن الأمر انتهى به إلى ثاني أكسيد الكربون فحسب. أما في حالة الأيسومرات، فإن الطريقة التي تُرتب بها الذرات هي ما تجعلها جميعًا مختلفة عن بعضها البعض في الخصائص الكيميائية.

إسهامات أدوارد روش في علم الفلك

١٨٤٨

نقش الفرنسي أدوارد روش اسمه في قاموس علم الفلك بعدما عرّف حد روش، وهو أقرب مسافة يمكن عندها إطلاق القمر الصناعي في مدار أحد الكواكب قبل أن ينفصل إلى أجزاء بفعل جاذبية هذا الكوكب. تعتمد قوة الجاذبية بشكل أساسي على المسافة بين القمر الصناعي والكوكب. إذا دخل القمر الصناعي مجال حد روش، فإن الاختلاف في مقدار سحب جاذبية الكوكب عند الأجزاء المختلفة للقمر الصناعي يكون أكبر من القوى التي تحافظ على تماسك أجزاء القمر الصناعي مع بعضها البعض. لذا، فإن هذه الأجزاء تنفصل.

يفسر لنا هذا الحد سبب وجود حلقات كوكب زحل التي أشار إليها جاليليو (ولم يفهم مغزاها) عام ١٦١٠ ووصفها جان كاسيني عام ١٦٦٩ على نحو صحيح. تقع هذه الحلقات داخل نطاق حد روش الخاص بكوكب زحل. ولذا، فإنها ليست جامدة ولكنها نتجت عن عدد هائل من الأجزاء التي تدور في مدارات في شكل مشابه للأقمار صغيرة الحجم.

لا يذكر التفسير هنا أن ثمة قمرًا ما تجزأ إلى أجزاء لأنه ما من سبيل لتكوين مثل هذه الأقمار. فأي جهود تبذل في سبيل تكوين قمر داخل نطاق هذا الحد ستكون مخيبة للآمال. تقع جميع الكواكب – حتى الكوكب الأقرب للشمس عطارد – خارج نطاق حد روش بالنسبة للشمس. لذا، أتيحت الفرصة لهذه الكواكب لأن تتكون من أجزاء متفرقة عندما كان النظام الشمسي حديث العهد. بالمثل، كان من الممكن أن يبعد قمرنا بمقدار ١٨٠٠٠ كيلو متر فحسب بدلاً من ٤٠٠٠٠٠ كيلو متر وذلك قبل أن يكون معرضًا لأي نوع من الخطر.

هذا، على الرغم من أن الزيارات التي قامت بها مجسات الفضاء في أواخر القرن العشرين توصلت إلى أن هناك حلقات تدور حول جميع الكواكب الأخرى العملاقة (كالمشترى ونبتون وأورانوس)، على الرغم من أنها لا تقترب بدرجة مذهلة كحلقات كوكب زحل. وقد رأينا نماذج للمذنبات التي تنزل بها الكارثة عند مرورها بالقرب من المدار الخاص بأحد الكواكب عظيمة الحجم.

طومسون وقياس أقل درجة حرارة ممكنة

١٨٤٨

إذا سألت عن درجة الحرارة، ستأتيك الإجابة عادة بالمقياس المئوي (سلسيوس)، لنقل مثلاً ٢٠° مئوية (١٧٤٢). قد يستخدم شخص آخر من العصور الأقدم كما كان في عام ١٧٠١ المقياس الفارنهايتي للحرارة. لكن، لن يجيب أحد أنها ٢٩٣ درجة بمقياس كلفن. هذا، على الرغم من أن مقياس كلفن يعطيك درجة الحرارة المطلقة. قد تعطيك بعض المقاييس معلومات دقيقة عن درجات حرارة عديدة أقل من الصفر، ولكن ليس وفقًا للمقياس المطلق. إن درجة الحرارة صفر كلفن هي درجة البرودة التي يمكن أن تصل إليها وهي بذلك الصفر المطلق.

عرض الفيزيائي الإنجليزي طومسون مقياسًا جديدًا لدرجة الحرارة عام ١٨٤٨ (وقد سمي باسمه تكريمًا له لمدة طالت ٥٠ عامًا فيما بعد)، ولكن، جاء الدليل الحاسم نتيجة تجارب دقيقة عن الغاز بواسطة العلماء الفرنسيين جاك شارل عام ١٧٨٣ وجاي لوساك عام ١٨٠٨. يعود الفضل في فكرة أقل درجة حرارة ممكنة إلى أكثر من ١٠٠ عام إلى الفرنسي جييوم آمونتونز (١٧٠٢). أوضحت التجربة أنه كلما قلت درجة الحرارة بمعدل درجة واحدة فقط، ينكمش الحجم بمعدل جزء واحد في ٢٧٣° مئوية (من الحجم عند درجة حرارة صفر مئوية). لذا، فإن الغاز الذي يتجمد عند درجة حرارة ٢٧٣° مئوية تحت الصفر ربما ينكمش ويتحول إلى العدم.

هل يعد ذلك دليلاً على أن درجة الحرارة ٢٧٣° مئوية هي أقل درجة حرارة يمكن الوصول إليها؟ ليس بالضبط ولكن ربما. جاءت الخطوة التالية على يد الألماني لودفيك بولتزمان، وهو الشخص الذي أدرك أن ضغط الغاز يرتبط بطاقة الجسيمات المكونة له وربط هذه الطاقة بدرجة الحرارة مستخدمًا مقياس كلفن المبتكر حديثًا. لذا، فإنه عند الوصول إلى درجة حرارة ٢٧٣° مئوية، فإن ضغط الغاز وطاقة الجسيمات المكونة له، سيكونان عند الدرجة صفر كما هو الحال في الحجم. تتوقف الجسيمات عندئذٍ عن التحرك. لا يمكن أن تستمر أية آلة أو عملية في العمل وهي في حالة تجمد، وبالتالي تصل إلى أقل درجة حرارة ممكنة؛ أي الوصول إلى درجة الصفر المطلق. وبالطبع، لا يستطيع بالفعل أي من الغازات الوصول إلى درجة الصفر في الضغط والحجم. وعند الوصول إلى درجة حرارة أعلى من الصفر المطلق، تتحول الغازات إلى صورتها السائلة بل والصلبة وتبدأ في التحرك بشكل مختلف تمامًا. لم تتوقف عملية التفكير عند هذا الحد ولكنها استمرت.

تخوف بعض الفيزيائيين من أي شيء يتوقف عند درجة الصفر المطلق، فهم يعارضون عملية الربط بين درجة الحرارة وطاقة الجسيمات. كما تم رفض الدراسات التي فسرت هذه الفكرة من قِبل مجتمعات المثقفين، مثل الجمعية الملكية. ومن ثم، جُمدت بعض المهن نتيجة لذلك.

بعد الاتفاق العالمي، سُجلت درجة الحرارة الخاصة بمقياس كلفن لتقل على سبيل المثال، ٢٠٠ درجة كلفن. وخلد اسم كلفن في مجال قياس درجات الحرارة على العلامة التجارية على إحدى الثلاجات الأمريكية. ← ١٨٥٢

إسهامات ليون فوكو وهيبولايت فيزو في قياس سرعة الضوء

١٨٤٩

يعتبر كل من الفيزيائيين الفرنسيين ليون فوكو (صاحب البندول عام ١٨٥١) وهيبولايت فيزو، إلى حد ما، من العلماء النبلاء الهواة، مثلهما في ذلك مثل تشارلز داروين المعاصر لهما. فقد كانا من الأثرياء اللذين شغلا القليل من الوظائف الرسمية؛ حيث كان العلم بالنسبة لهما هواية تستغرق كل طاقتهما وكانا يهتمان به اهتمامًا شديدًا. وقد انصب اهتمامها معًا أو كل على حدة على مجال الضوء تحديدًا؛ حيث قاما بتحديد خصائصه وتطوير تقنية التصوير الضوئي الجديدة لاستخدامها في علم الفلك وابتكار أساليب لقياس شدة ضوء الشمس.

كان أعظم إنجاز حققاه هو قياس سرعة الضوء دون ترك نطاق سطح الأرض. وقد اعتمدت قياسات سرعة الضوء السابقة، التي قام بها أوليه رومر عام ١٦٧٦ وجيمس برادلي عام ١٧٢٩، على الأجسام والأحداث التي توجد في الفضاء، ولكن هذين الفرنسيين تناولا الموضوع في ضوء قياس سرعة الضوء من على سطح الأرض. فقد قاما بتقطيع حزمة ضوئية إلى موجات نابضة قصيرة بواسطة عجلات مسننة سريعة جدًا أو مرايا دوارة، وقاما بإرسال هذه الموجات النابضة لمسافة قدرها ٢٠ كيلو مترًا من مرآة موضوعة على جبل قريب. وقد تمكنا من قياس المسافة التي قطعتها الرحلة ذهابًا وإيابًا (أقل من واحد على ألف من الثانية)، وبذلك قاما بحساب سرعة الضوء في الهواء؛ وكان مقدار السرعة الذي قاما بحسابه ٣٠٠٠٠٠ كيلو متر في الثانية، وهو رقم قريب جدًا من القيمة المقبولة اليوم.

استخدم كل من فوكو وفيزو أساليب مشابهة لإيضاح أن سرعة انتقال الضوء في الماء أقل كثيرًا منها في الهواء. مما ساعد في تسوية الجدال الطويل بين نظريتي الموجات والجسيمات الخاصتين بالضوء لصالح نظرية الموجات. وربما حازت نظرية الجسيمات على تأييد إسحاق نيوتن (١٦٧٢) ولكنها كانت تتطلب أن تكون سرعة انتقال الضوء أكبر في الماء.

بالإضافة إلى ذلك، فإنه تم أيضًا تفسير قانون انكسار الضوء الذي وضعه ويليبرور سنيل منذ ما يزيد عن قرنين (١٦٢١). وينص هذا القانون على أنه كلما كان الضوء بطيئًا في انتقاله خلال وسط شفاف مثل الزجاج أو الماء، زاد انكسار الضوء بمجرد ما يتجاوز الحد بين ذلك الوسط والهواء أو الفراغ. وبطريقة أكثر تقنية، نعني هنا أن معامل الانكسار سيكون أعلى.

رودولف كلاوسيوس ومقياس الفوضى

١٨٥٠

يعتبر مصطلح الانتروبيا من المصطلحات الغريبة، التي تحتاج إلى بعض الفهم، ونظرًا لأهميته، فإنه يستحق الجهد. وقد حفرت معادلة الانتروبيا على مقبرة الفيزيائي النمساوي العظيم لودفيك بولتزمان. ولكن، كان الألماني رودولف كلاوسيوس هو أول من أدرك الفكرة في حوالي عام ١٨٥٠ وقام بابتكار كلمة الانتروبيا التي تتكون من مقطعين وتعني تغيير أو تحويل؛ وهي ترتبط بشكل أساسي بما يحدث عندما تتحول الطاقة من صورة إلى أخرى.

ألقى كلاوسيوس مؤخرًا الضوء على الكتاب الذي ألفه العالم الفرنسي سادي كارنو عام ١٨٢٤ حول فاعلية المحركات البخارية. فقد وجد كارنو أنه ليس من الممكن أن يكون هناك محرك فعال بدرجة مائة في المائة. فدائمًا ما تتبدد بعض الطاقة، حيث إن البخار الذي يخرج من المحرك لا تزال به حرارة لم تستخدم بعد.

عندما تأمل كلاوسيوس ذلك، لمح مبدأ آخر أكثر أهميةً. وهو أن الطاقة التي قام بتحويلها المحرك البخاري يعود أصلها إلى المركبات الكيميائية المعقدة المتمثلة في الفحم أو الخشب، والتي تحولت بفعل الاحتراق إلى غازات بسيطة؛ مثل: بخار الماء وثاني أكسيد الكربون ثم انتشرت في الهواء. وحلت الفوضى محل النظام. وتحولت جزيئات البخار الحبيسة في الغلاية إلى ماء وخرجت إلى البيئة. وزادت الفوضى مرةً أخرى؛ حيث ضاعت الآن المعلومات الدقيقة عن تلك الجزيئات، ومن الصعب استعادة أية طاقة ما زالت بداخلها.

اخترع كلاوسيوس مصطلح الانتروبيا ليصف به هذه الفوضى أو فقد المعلومات. فقال إن الانتروبيا تزداد عندما تنطلق الطاقة. وتزداد الانتروبيا في أي مكان تكون فيه منظومة ما تعمل بمفردها. فمن الممكن لجدار ما مكون من لبنات مرتبة بإتقان أن يتحول عبر الوقت إلى كومة غير منظمة من الردم. ويمكن لقطرة واحدة من الصبغة إذا ألقيت في الماء أن تنتشر حتى يتلون الماء كله بلون باهت، ويضيع مكان القطرة الأصلي. يبدو أن الانتروبيا المتزايدة وانعدام النظام قد انتشرا في كل مكان.

يمكننا بالطبع استخدام مجموعة اللبنات لإعادة بناء الجدار، وبذلك يظهر أن النظام يتزايد والانتروبيا تتناقص. ولكن، هذا يستهلك الطاقة، ويؤدي إلى زيادة الانتروبيا في مكان آخر. وإذا تم أخذ جميع الأنشطة في الاعتبار، ستزداد الانتروبيا عمومًا. وبالفعل، فإن الانتروبيا في جميع أنحاء العالم في ازدياد مطرد.

بوجه عام، يسمى هذا المبدأ القوي بالقانون الثاني للديناميكا الحرارية (والقانون الأول هو بقاء الطاقة). وهو يفسر إلى حد بعيد لماذا تستحيل الحركة الدائمة (فمن الممكن أن تقلل من الانتروبيا)، ولماذا يقترب هلاك الكون بفعل الحرارة (١٨٥٤). ليس هذا فحسب، وإنما هناك الكثير لنتعلمه عن طبيعة الانتروبيا مثلاً، من العالم لودفيك بولتزمان (١٨٧٧).

أهم إنجازات تكنولوجيا القرن التاسع عشر

في القرن التاسع عشر، أثرت التكنولوجيا الحديثة على أنشطة الإنسان اليومية بشكل كبير. ففي مجال النقل والمواصلات، بدأت إضافة قوة البخار، وبعد ذلك حلت محل الأشرعة في السفن. وفي عام ١٨٣٣، عبرت سفينة المحيط الأطلنطي بقوة البخار فقط لأول مرة. ومنذ بداية أربعينيات هذا القرن، بدأت خطوط السكك الحديدية في ربط المدن والبلدان من مختلف الشعوب الأكثر تقدمًا. وبحلول الستينيات من القرن نفسه، أصبحت تربط القارات.

نحو نهاية القرن، بدأ استخدام عربات القطار الكهربائية لأول مرة في المدن، وبعدها سرعان ما بدأ استخدام الطراز الأول من العربات؛ الذي أدى إلى تغيير النقل الشخصي في القرن القادم. وقد كانت كل هذه الاختراعات تستند إلى مجموعة معارف جديدة وهي المعرفة بالديناميكا الحرارية التي تجعل المحركات البخارية أكثر فاعليةً. هذا، بالإضافة إلى المعرفة بالكهرومغناطيسية التي تعمل على تشغيل المحركات الكهربائية؛ إلى جانب المعرفة بتقطير البترول لتوفير الوقود السائل للسيارات. وبدأ العلم، الذي دعمته تكنولوجيا المعرفة لفترة طويلة، بوفاء دينه.

في مجال الاتصالات، أدى التقدم الهائل في فهم الكهرباء والمغناطيسية إلى تيسير اختراع كل من التلغراف منذ أربعينيات هذا القرن (وقد أصبح له كابل تحت المحيط الأطلنطي بدايةً من الستينيات) والهاتف من أواخر سبعينيات القرن نفسه. وظهرت الدلالات التجريبية على اللاسلكي في التسعينيات من هذا القرن. وفي وقت متأخر من هذا القرن، ظهر أول صوت مسجل، وكان الصوت على أسطوانات وأقراص وشرائط، وظهرت أولى الصور المتحركة على الرغم من أنها لم تؤثر بشكل كبير إلا في القرن التالي.

في الطب، تغيرت الجراحة كليةً عما كانت عليه من قبل بدايةً من منتصف هذا القرن وذلك نتيجة لإدخال طريقة التخدير، وبعد ذلك نتيجة للأساليب الجديدة في التطهير، والتي برع فيها جوزيف ليستر وسط آخرين، والتي أصبحت أمرًا إلزاميًا في ضوء نظرية الجراثيم الخاصة بالأمراض. وقد أصبحت العمليات الآن لا تسبب ألمًا للمريض في أثناء

إجرائها، لذلك يأخذ الجراحون وقتًا أطول واهتمامًا أكبر؛ فقد كانت الجروح الناتجة عن الجراحة أقل عرضةً للتلوث. وبدأ الجراحون العمل بشجاعة ليس فقط على جسم الإنسان ولكن داخله أيضًا.

في هذا الشأن، كانت الحالة المروعة للصحة العامة (فقد وصل متوسط عمر وفاة الفرد في لندن في بداية القرن إلى ٢٧ سنة فقط) متأثرة بالفكرة نفسها – أن الأشياء غير النظيفة تجلب المرض – مما أدى إلى إنشاء شبكات الصرف الصحي الأولى، التي تعمل على إبعاد مخلفات الإنسان عن مياه الشرب. ولكن انحدرت جودة الهواء والماء في المدن النامية، نتيجة للدخان المنبعث من المداخن العديدة والمتدفق من المصانع.

حصل الأطباء على أدواتهم الأولى لمعرفة ما يحدث داخل الجسم مع بداية القرن عندما تم اختراع السماعة الطبية ثم الترمومتر الطبي. وفي أواخر القرن نفسه، جاءت الأدلة على أن أشعة إكس يمكن أن تساعد في تشخيص الأمراض وأن النشاط الإشعاعي يُستخدم في علاج بعض منها، لكن لا بد أن هناك أخطارًا أيضًا. وقد قام كل من لويس باستور وروبرت كوخ بتطوير طرق لتوفير سبل الوقاية ضد كثير من الأمراض الخطيرة عن طريق التطعيم.

وفر اختراع ألفرد نوبل للديناميت وغيره من المتفجرات الجديدة أدوات رئيسية في التعدين والهندسة، ولكنها أدت أيضًا إلى دمار كبير في الحروب. وفي الأربعينيات من هذا القرن، تضاعفت المذابح في ساحات القتال نتيجة لاختراع البندقية التي تلقم من مؤخرتها. والتي كانت أسرع في الاستخدام. وقد ظهرت أول رشاشات في وقت الحرب الأهلية الأمريكية. ولكن مسدس صامويل كول ظهر قبل ذلك.

في بداية القرن، كانت البيوت والمصانع تُضاء بالشموع والمصابيح الزيتية؛ وكانت الشوارع غالبًا ما تكون معتمة ليلاً. وظهرت الإضاءة بالبنزين في العقد الأول من هذا القرن، وبعد ذلك، أضاء القوس الكهربي، الذي اخترعه همفري دايفي، الأماكن العامة. وحدثت الثورة في السبعينيات من هذا القرن باختراع توماس أديسون للمصباح الكهربي شديد الإضاءة (على الرغم من أن الإنجليزي جوزيف سوان كان قد اخترعه أولاً). هذا، وقد أدى ذلك إلى زيادة الحماس لعمل وتوزيع القوى الكهربائية على نطاق واسع، لتعزيز مجالي الصناعة والنقل وفي القرن القادم لتزيين البيت والمكتب.

علاوةً على ما سبق، كانت العلوم الكيميائية والبصريات تمثل الأساس وراء اختراع التصوير الفوتوغرافي، الذي بدأ يؤثر على العلم، وبخاصة علم الفلك في حوالي عام ١٨٤٠ وبعد ذلك على الحياة اليومية عن طريق الفيلم والكاميرا الصندوقية اللذين اخترعهما جورج إيستمان.

تأثرت الزراعة، التي لا يزال يعمل بها كثير من الأفراد، بالتكنولوجيا الحديثة أيضًا؛ فقد أدى كل من المحراث الفولاذي وماكينات الحصد التي تجرها الخيول والأسمدة الصناعية إلى جانب زيادة قدرة النباتات على التكاثر بشكل هائل إلى زيادة الإنتاجية. ولم يكن البخار هو الأساس الوحيد الذي تعتمد عليه الصناعة (مثل المطرقة البخارية التي اخترعها جيمس ناسميث لتشكيل المعادن)، ولكن اعتمدت أيضًا على استخدام المواد الجديدة مثل الصبغة المستخلصة من قطران الفحم.

بدأ شكل المدن يتغير؛ فقد أخذت المباني تعلو وتعلو بفضل اختراع الهياكل الفولاذية (وأضيفت إليها معادن أفضل نتيجة للمحول الذي اخترعه هنري بسمر) والأسمنت المسلح الذي اخترعه جوزيف مونييه ومصعد الأفراد المزود بمكبح الأمان الذي اخترعه إليشا أوتس.

تعد قائمة اختراعات القرن التاسع عشر التي شكلت الحياة، بل وغيرتها، مؤثرة وكثيرة جدًا حيث لا يمكن سردها كاملةً، ولكنها تتضمن؛ ماكينة الخياطة التي اخترعها هو والاختصارات التي وضعها بيتمان وطرق الكتابة التي ابتكرها بريل للمكفوفين. هذا، بالإضافة إلى آلة السكسوفون الموسيقية التي اخترعها ساكس والآلة الكاتبة التي اخترعها شولز والمحقنة تحت الجلدية التي اخترعها هيجنسون والثياب المطاطية التي تقدمها شركة McIntosh ومكبح الهواء الذي تقدمه شركة Westinghouse للقطارات والمطاط المعالج للتصليد من اختراع جوديير واختراع ووكر لثقاب الأمان.



١٨٥١ - ١٩٠٠

أوضاع العالم في تلك الفترة

في خلال هذه الفترة الممتدة من عام ١٨٥١ وحتى ١٩٠٠، كان هناك نشاطان عظيمان لتحقيق الوحدة الوطنية. فقد أدت سلسلة الخلافات في شبه الجزيرة الإيطالية في الفترة ما بين ١٨٥٩ و١٨٧٠ إلى تكوين دولة إيطاليا الحديثة؛ حيث أصبحت روما هي العاصمة الوطنية. وأدى الاتحاد السياسي للدول التي تتحدث الألمانية (باستثناء النمسا)، الذي قادته بروسيا ومستشارها أوتو فون بسمارك، إلى تكوين الإمبراطورية الألمانية وعاصمتها برلين. وفي ذلك التوقيت، كانت هناك حروب مع الدانمارك (١٨٦٤) والنمسا (١٨٦٦) وأخيرًا مع فرنسا (المعروفة باسم الحرب الفرنسية البروسية ١٨٧٠ – ١٨٧١) لتأمين الأراضي والحدود.

استمرت روسيا تشق طريقها نحو الجنوب، أملاً في الوصول إلى البحر الأسود والبحر المتوسط؛ مما عجل بحدوث حرب كريميا (١٨٥٤-١٨٥٦) مع فرنسا وبريطانيا اللتين كانتا تساندان تركيا (الإمبراطورية العثمانية) في هذا الصراع. وكانت الإمبراطورية العثمانية المنهارة آنذاك قد أصبحت إمبراطورية ضعيفة، فأدى ضعفها إلى تشجيع صور الكفاح لنيل الاستقلال عند العديد من شعوب البلقان وشعوب البحر المتوسط في الشرق.

في الوقت الذي كانت أوروبا تتحد فيه، كانت الولايات المتحدة معرضة للانقسام. فقد اندلعت الحرب الأهلية الأمريكية (١٨٦٢-١٩٦٥) بين ولايات الشمال (الاتحاد) وولايات الجنوب (الحلفاء) بسبب قضية العبودية. وانتصرت دول الاتحاد التي كانت أكثر تقدمًا في مجال الصناعة وتحرر العبيد على يد الرئيس لنكولن. وشهدت السنوات التي تلت الحرب توسعًا كبيرًا للمستوطنات ناحية الغرب فضلاً عن الصراعات المتزايدة مع السكان الأصليين للولايات المتحدة. وعجلت التوترات الاستعمارية بالحرب بين أسبانيا والولايات المتحدة في عام ١٨٩٨.

في وسط هذا الصراع، كانت هناك مؤشرات على حدوث تعاون دولي كبير وذلك مع تأسيس هيئة الصليب الأحمر الدولي (١٨٦٤) واتحاد البريد الدولي (١٨٧٤) والنظام المتفق عليه للمناطق الزمنية العالمية (١٨٨٣).

فنون وأفكار

ظلت فرنسا متفوقة في التصوير الزيتي، وذلك بسبب ظهور الحركة الانطباعية وأعمال كل من مانيه ومونيه ديجا ورينوار وسيزان وميلا وسورات. في مناطق أخرى، سيطرت النزعة الدينية على أعمال كل من هولمان هانت في إنجلترا وكذلك في باكورة أعمال بيكاسو في أسبانيا وفي أعمال الفنان الثوري فان جوخ في هولندا وأعمال مونش مثل لوحة The Scream. وكان الفرنسي رودان يتصدر قائمة المثّالين. كذلك، فقد تغير الأفق بظهور أولى ناطحات السحاب في الولايات المتحدة وبرج إيفل في باريس وتمثال الحرية في نيويورك وقصر لندن البلوري.

ظهر نشاط فرنسا في مجال الموسيقى أيضًا نتيجة أعمال هكتور برلييوز وسان سانس وشارل فرانسوا جونو وفرانك ودوبوسي وفور. وذاع صيت الموسيقى الرومانسية في ألمانيا والنمسا؛ حيث ظهر ذلك في أعمال كل من شومان وبرامز وبروكنر ومالر وريتشارد شتراوس. توسعت الفرق الموسيقية في الحجم وزادت الألحان في الطول والتعقيد. وفي مناطق أخرى، اعتمدت الموسيقى على النزعة الوطنية والتقاليد الشعبية؛ حيث ظهر ذلك في أعمال كل من جلينكا وتشايكوفسكي ورمسكي كورساكوف وبورودين في روسيا وليست في المجر وسميتانا ودفوراك في بوهيميا وجريج في النرويج وسيبانيوس في فنلندا. كذلك، ازدهر فن الأوبرا؛ حيث ظهر ذلك في أعمال كل من فاجنر وفيردي وبوتشيني وماسينيه وبيزا وجاك أوفنباك وجيلبرت وساليفان. وكان للولايات المتحدة موسيقاها الكلاسيكية التي ظهرت من خلال أعمال آيفز وماكدويل مع الأغاني الشعبية لفوستر والألحان العسكرية لسوسا.

قامت المسارح بعرض مسرحيات جديدة من تأليف كل من إبسن وستردنبيرج وشو وتشيكوف وباري وفيدو، مما أدى تنوع الأعمال الفنية التي يتم عرضها بدءًا من المسرحيات رفيعة المستوى وحتى المسرحيات الهزلية. برز العديد من الشعراء البريطانيين أمثال تنيسون وسوينبرن وهوبكنز وموريس، وكذلك برز الشاعران الفرنسيان رينبو وبودلير والشاعران الأمريكيان هويتمان وديكينسون. وأصبح لدى قراء الروايات وفرة من الاختيارات: فقد كانت

هناك روايات لكل من توين وهوثورن وملفيل وجيمس وأولكت من الولايات المتحدة الأمريكية وكبلنج وستيفنسون وكارول وإيليوت وهاردي وديكنز وولز وترولوب وكونراد من بريطانيا وتولستوي وتورجنيف ودوستويفسكي من روسيا، ووايلد من أيرلندا وفلوبير وفيرن وهوجو وزولا وموباسان ودوما من فرنسا.

من بين الأفكار الجديدة المثارة كانت هناك فلسفة نيتشه وستيوارت مل ودو بوفون والكتابات الدينية لنيوتن والنظريات السياسية لكل من ماركس وهيرتسل ومدرسة التحليل النفسي التي أسسها فرويد. كذلك، فقد تم في ذلك الوقت تكوين منظمة خيرية إنجيلية شبه عسكرية لنشر الدين ومساعدة الفقراء، فضلاً عن نشاط حركة العلوم المسيحية.

طلب الوحدة

على مدار نصف عقد مذهل من الاكتشافات منذ ١٨٩٥، قام الباحثون عبر أوروبا باكتشاف أشعة إكس والنشاط الإشعاعي. ففي البداية، استخدموا الموجات الإشعاعية في نقل الرسائل، مما أثبت أن الإليكترون هو الوحدة الرئيسية في الشحنة الكهربائية. وعند عزل الراديوم، عثروا على أول الفيروسات وافترضوا "كم" الطاقة. وقد كانت جميع هذه الأبحاث غير متوقعة تقريبًا، على الرغم من أن بعضها جاء نتيجة لعشرات الأعوام من العمل. وكانت هذه نهاية مناسبة لنصف قرن من الوعي المتزايد بالعالم الطبيعي.

مع ذلك، فقد زادنا كل عقد من نصف هذا القرن معرفة جديدة. ففي خمسينيات القرن التاسع عشر، تأكدنا من أن الأرض تدور وبدأنا إجراء التجارب باستخدام أشعة كاثود ووجدنا أن الأمراض من الممكن أن تنتقل عن طريق المياه الملوثة. كذلك، فقد ظهر عالمان، يعملان كل على حدة، قاما بتفسير النظرية الرئيسية للانتخاب الطبيعي لتوضيح نمط الحياة على كوكب الأرض.

خلال ستينيات القرن التاسع عشر، تم التخلص من النظرية القديمة المعروفة باسم "التولد التلقائي"، حيث انتهت فكرة أن الحياة تأتي من العدم. وأخذ الجدول الدوري للعناصر شكله النهائي، كما أنه تم تدوين قوانين الوراثة البيولوجية لأول مرة. وتم اكتشاف

مادة كيميائية جديدة تسمى الحامض النووي في الخلايا، وعُثر في الشمس على عنصر غير معروف على الأرض.

في العشر سنوات التي تلت عام ١٨٧١، بدأنا في تقدير مكانة الجنس البشري في تطور صور الحياة على كوكبنا، وتأملنا في إمكانية وجود صورة غير معروفة من الإشعاع غير المرئي شبيهة بالضوء. وبدأنا في إيجاد معنى للكلمة الجديدة انتروبيا، كما تم اكتشاف المزيد من المعلومات عن الكوكب الأحمر (كوكب المريخ)، وعلمنا أن الإصابة بالملاريا تأتي لسبب آخر غير الهواء الفاسد.

في ثمانينيات القرن التاسع عشر، فشلنا في استكشاف المزيد عن الأثير الذي كان مسلمًا به لفترة كبيرة، ولكن الإنجازات التالية كانت أكثر من مجرد تعويض. فقد أفادت الدعاية الضخمة العثور على لقاح ضد مرض الكلب وتم ابتكار أول "موجات إشعاعية" في المعمل. وبدأ العلماء في حل مركبات المواد الكيميائية التي تتكون منها الكائنات الحية: البروتينات والدهون والكربوهيدرات. ورأينا حركة الكروموسومات في انقسام الخلايا النباتية والحيوانية وسمعنا لأول مرة عن تأثير أديسون المحير والذي أنتج مع مرور الوقت تكنولوجيا الإليكترونيات.

اكتشاف ليون فوكو لدوران الأرض

١٨٥١ م

في عام ١٨٥١ اكتشف عالم الطبيعة الفرنسي ليون فوكو ما لم يكتشفه أحد قبله دون جدال، لقد تمكن من اكتشاف الدليل القاطع على أن الأرض تدور. وقد كان مبدأ دوران الأرض يمثل يقينًا بين الفلكيين والفيزيائيين منذ عصر كوبرنيكس (١٥٤٣)؛ حيث قال إن الأرض تدور حول الشمس. وقد مَثَل جاليليو آنذاك أمام إحدى المحاكم القضائية في عام ١٦٣٣ حيث كان يعتقد تمامًا في دوران الأرض حول نفسها وحول الشمس، على الرغم من أنه لا يوجد لديه دليل واقعي. وقد اعتمد أدموند هالي في تفسيره للرياح التجارية (١٦٧٦) وإسحاق نيوتن في اكتشافه لشكل الأرض (١٧٣٦) على أن الأرض تدور مرة واحدة في اليوم، ولكن قد يكون هناك تفسيرات أخرى.

لقد أزال فوكو الشك عن هذا الأمر في عام ١٨٥١ عندما قام بتعليق ثقل في سلك طويل من إحدى القباب في باريس. كما أوضحت قوانين نيوتن للحركة (١٦٨٦) أنه إذا تم تحريك بندول الساعة مرة واحدة، فإنه سيظل يتأرجح إلى الأمام وإلى الخلف في المستوى نفسه. ولكنه لم يتأرجح أو بدا أنه لم يتأرجح. وبمرور الساعات والأيام، تغير اتجاه تأرجح البندول ببطء، مشيرًا على التوالي إلى أجزاء مختلفة من القاعة المعلق فيها.

إذا كان نيوتن على حق، فهناك تفسير واحد فقط ممكن؛ ألا وهو أن القاعة نفسها كانت تتحرك، أي أنها كانت تدور تحت البندول المتأرجح كما تدور الأرض. وعندما أرغم جاليليو على إنكار ذلك علانيةً، غمغم بصوت خفيض مؤكدًا على أنها "ما زالت تتحرك". وبعد مرور مائتي عام، أظهر بندول فوكو براءته.

أدى هذا كله إلى إثارة أسئلة عويصة الفهم. فكيف تجاهل البندول الأرض التي يتعلق بالقرب منها، وبدلاً من ذلك يواصل سيره وفقًا للنجوم الأكثر بعدًا أو حتى للكون ككل؟ لقد أصبح السؤال متعلقًا بأصل القصور الذاتي. هل هذه الخاصية التي تبدو أساسية في أي جزء صغير من المادة تعتمد على وجود باقي الكون؟ لقد كان أرنست ماخ أحد الذين حاولوا الوصول إلى حل ذلك اللغز (١٨٧٧).

إسهامات لويس أجاسي في علم الأحياء

١٨٥١

يعتبر عالم الأحياء لويس أجاسي المولود في سويسرا من أشهر وأكثر المعارضين الصرحاء للعالم تشارلز داروين. فقد ظل غير مقتنع بفكرة التطور البيولوجي حتى يوم وفاته. كان رجلاً مؤمنًا يرى قدرة الخالق في كل مكان في الطبيعة؛ ومن ثم، لم يستطع أن يقبل فكرة مثل فكرة داروين تلك التي لم تترك أي مجال للمشيئة الإلهية. وقد قال إن أي نوع من الحيوانات أو النباتات يعد "من صنع الخالق". ومع ذلك، استخدم داروين وآخرون الدليل من بحث أجاسي الشامل لدعم النظرية التي عارضها أجاسي بعنف. وهكذا يتقدم العلم في أغلب الأحيان.

لقد كان أجاسي خبيرًا في مجال حفريات الأسماك التي وجدها بكثرة في الصخور القديمة التي سمي تبعًا لها الآن العصر الديفوني. وكان كتابه، الذي تناول ذلك الموضوع في عام ١٨٤٣، به كثير من التفاصيل وكان كتابًا شاملاً حتى أنه ضاعف عشر مرات العدد

الكلي للفقاريات (الحيوانات ذات العمود الفقري) التي وصفها العلم. وكان له معرفة هائلة بنمط الحياة القديمة، وقد وضعها جميعًا في نمط إدراك يختلف إلى حد ما عما وضعه داروين، وقام بنشر ذلك لأول مرة في عام ١٨٥١.

رأى أجاسي نمطًا للنمو والارتقاء ابتداءً من أقدم وأبسط الكائنات إلى أحدثها وأكثرها تعقيدًا، أي ليس في الصخور فقط. وكان هذا واضحًا في نمو جنين الإنسان الذي يمر بمراحل يشبه فيها صغار سلسلة متتابعة من كائنات أبسط منه، وبالطريقة نفسها التي تنتشر بها النباتات والحيوانات من القطبين إلى خط الاستواء. وقد صرح بأن هذا النمط نفسه موجود في كل مكان، وهو بالتأكيد دليل على المشيئة الإلهية.

ولد أجاسي في ألمانيا ولكنه أنهى حياته في الولايات المتحدة كأستاذ في جامعة هارفارد لمدة ربع قرن. فقد كان المعلم الخاص لعشرات العلماء الأمريكيين المهتمين بالطبيعة وأصبح يحظى بشعبية هائلة وأصبح مشهورًا من خلال المحاضرات العامة.

كان معلم أجاسي الخاص هو عالم الأحياء الفرنسي جورج كوفييه (١٨١٢) رائد فكرة التغيير المفاجئ والعنيف للقشرة الخارجية للأرض (١٧٧٨). فقد رأى كوفييه وأجاسي وغيرهما من العلماء أن تاريخ الأرض يعتبر بمثابة سلسلة من الأحداث العنيفة الضخمة. فلم يحدث شيء بالتدريج أو ببطء كما يعتقد أصحاب بعض المذاهب التي انتشرت آنذاك والمدعمة لفكرة التغير التدريجي للأرض. وبالنسبة للعالم أجاسي تعد فكرة العصور الجليدية (١٨٣٦)، والتي فعل بصددها الكثير من أجل تدعيمها عن طريق البحث، ببساطة تكملة لنمط الكوارث المتكررة.

تمر كل حقيقة علمية بثلاث مراحل: أولاً، يدعي الناس أنها تتعارض مع الكتاب المقدس. ثانيًا، يقولون إنها تم اكتشافها قبل ذلك. وأخيرًا، يقولون إنهم دائمًا ما يؤمنون بها.

لويس أجاسي

١٨٥١

إسهامات كلود برنار في مجال الطب

كان الفرنسي كلود برنار يأمل في أن يصبح كاتبًا مسرحيًا ناجحًا، ولكنه كان يفتقد الموهبة على الرغم من قضائه كل لحظة فراغ بعيدًا عن عمله، كمساعد عالم كيميائي، في الذهاب إلى المسرح. وعندما عرض مسرحيته الشعرية الملحمية Arthur de Bretagne على أحد النقاد الفرنسيين، أخبره هذا الناقد بفظاظة أن عليه أن يجرب فعل شيء آخر.

اختار برنار الطب، وعلى الرغم من كونه فقيرًا وخجولاً ويجد صعوبةً في اجتياز الامتحانات؛ فقد ضمن وظيفة كمساعد بحث لطبيب بارز. وتزوج من ابنة طبيب ثري لقلة راتبه، ولكنه كان زواجًا مليئًا بالمتاعب. وعلى الرغم من ذلك، تقدم في مهنته، حيث كان باحثًا بارعًا ومتفانيًا في عمله. وانهمر في سيل من الاكتشافات المهمة في مجال البشرية.

كان نجاحه الأول مع البنكرياس الذي لم تكن وظيفته معروفه في ذلك الوقت. وجد برنار أنه يفرز مادة كيميائية (إنزيم) تساعد على تكسير الدهون عند إفرازها داخل الأمعاء. واكتشف أيضًا أن معظم عملية الهضم لا تتم في المعدة بل في الأمعاء الدقيقة. بعد ذلك، وجه اهتمامه ناحية الكبد. فقد وجد أنه يقوم بإفراز مادة كربوهيدراتية أسماها "الجليكوجين"، مكونة من وحدات صغيرة من سكر الدم (الجلوكوز) مرتبطة معًا. يختزن الكبد هذه المادة الغنية بالطاقة ويضخها في الدم عندما يحتاج الجسم إليها.

أما أكثر ما قام به فعالية، وكان في حوالي عام ١٨٥١، جاء من خلال دراسته لضخ الدم لمختلف أعضاء الجسم والجلد؛ حيث اتضح أن الحرارة الخارجية تؤثر فيه، وذلك مع اتساع أو ضيق الأوعية الدموية لتزيد أو تقلل من تدفق الدم. ففي الجو البارد، ينسحب الدم الغني بالأكسجين من الجلد (وهذا هو السبب في أن لوننا يتغير إلى البياض أو حتى الزرقة في الجو البارد) ويتركز في الأعضاء الحيوية للإبقاء على عملها كما ينبغي. أما في الجو الحار، يمتلئ الجلد بالدم (حيث يظهر احمرار في الجلد) فتنطلق الحرارة الزائدة في الجو.

بهذه الطريقة، تظل درجة حرارة جسمنا الداخلية ثابتة تقريبًا، في مستوى تستطيع فيه أجهزتنا أن تعمل جيدًا. ويعد الارتعاش عند البرد والعرق عند الحر جزءًا من هذه الآلية التي تنظم درجة حرارة الجسم. أما إذا اختلفت درجة حرارتنا كثيرًا عن درجة الحرارة

المناسبة، فإنه من الممكن أن نموت بسبب ضربة شمس أو انخفاض في درجة الحرارة. أدرك برنار أن للجسم سلسلة من هذه الضوابط التي تؤثر في أجهزة الجسم المختلفة وتحافظ على استقرار بيئتنا الداخلية. وقد أطلق على هذه الآلية اسم "التوازن الذاتي".

> **قام الشاعر الحديث بوصف ذاتية الفن وموضوعية العلم كالتالي: الفن هو "أنا"، أما العلم فهو "نحن".**
>
> **كلود برنار**

لإثبات هذا الاكتشاف والاكتشافات الأخرى (مثل أن الهيموجلوبين البروتيني الموجود في كرات الدم الحمراء يحمل الأكسجين الذي إذا تم استبداله بغاز أول أكسيد الكربون، فإنه يؤدي إلى نتائج مهلكة)، استخدم برنار كلاً من الملاحظة والتجربة الدقيقة لاختبار الفروض، معتقدًا أن قوانين الفيزياء والكيمياء نفسها يمكن تطبيقها على الكائنات الحية مثل الأشياء غير الحية. ربما كان برنار هو أول عالم طبي بالمعنى الحديث وقد كان كتابه عن طرقه المتبعة يعد من أكثر الكتب أهميةً في مجال الطب لسنوات عديدة.

على الرغم من أصوله الريفية، أصبح برنار واحدًا من أشهر علماء عصره وأكثرهم إنتاجًا. وعندما توفي في عام ١٨٦٥ بسبب عدوى في الكلى، تحملت الحكومة الفرنسية نفقات جنازته — فقد كان أول عالم فرنسي يتم تكريمه بهذا الشكل.

إسهامات أدوارد فراكلاند في مجال الكيمياء

١٨٥٢

لم يدرك الناس أهمية المياه النظيفة إلا في القرن التاسع عشر. فالماء الخالي من التلوث ليس فقط صالحاً للشرب والاغتسال فيه ولكنه أيضًا لا يسبب انتشار الأمراض أو الإصابة بها. فالتجربة التي أجراها جون سنو بمضخة المياه في أحد شوارع لندن في أثناء انتشار الكوليرا (١٨٥٤)، أوضحت أن المياه القذرة الناتجة عن الصرف الصحي ومخلفات المصانع تشكل خطرًا كبيرًا. فأدى هذا تلقائيًا إلى الاهتمام بقياس التلوث البيولوجي أو الكيميائي في المياه والاهتمام بإيجاد طرق لتنقيتها، بالترشيح مثلاً.

كان الكيميائي الإنجليزي أدوارد فراكلاند شخصية بارزة في هذا كله. ونظرًا لكونه عضوًا في اللجنة الملكية الخاصة بتلوث الأنهار، فقد قضى ست سنوات في المعمل يدون بالتفصيل أنواع التلوث التي يشيع وجودها. وكان بالفعل يقدم تقارير شهرية عن جودة مياه لندن؛ وظل يفعل هذا حتى وفاته، وتمكن من تدوين التحسن المطرد في جودة المياه؛ حيث وضعت الحكومة قوانين تفرض ضوابط شديدة على ما يمكن إلقاؤه في الأنهار والجداول.

> **إنني مقتنع بأن التقدم المستقبلي للكيمياء كعلم دقيق يعتمد بشكل كبير على اتحادها مع الرياضيات.**
>
> **أدوارد فراكلاند**

تمكن فراكلاند بالفعل من تحقيق سمعة طيبة. وككيميائي مهتم بالأمور العملية (مثل همفري دايفي، بدأ حياته كمساعد عالم كيميائي) كان هناك قليلون من أمثاله، ولكن إسهامه كان أقصى ما يكون. ففي عام ١٨٥٢ قام بتحديد صفة أساسية تظهر عند تفاعل المواد الكيميائية واتحادها مع بعضها. جاءت الفكرة من دراسته المكثفة "للمركبات الفلزية العضوية" الناتجة عن تفاعل المعادن، مثل الزنك والزئبق والزرنيخ والأنتيمون والقصدير، مع مركبات عضوية (تحتوي على كربون) مثل التي تنتجها الكائنات الحية. والكثير منها أثبت أنه خطير جدًا؛ فالقصدير الميثيلي في مياه الشرب من الممكن أن يسبب تشوهات خطيرة في الأطفال حديثي الولادة.

وجد فراكلاند أنماطًا منتظمة جدًا في تكوين هذه المركبات؛ فالنسبة بين أعداد ذرات النيتروجين والفسفور والزرنيخ والأنتيمون وأعداد ذرات العناصر الأخرى دائمًا ما تبدو ثلاثة أو خمسة. وظهرت هذه الأنماط في أماكن أخرى، لدرجة مكنت فراكلاند من امتلاك القدرة على تعريف "قوة اتحاد" الذرة، من حيث عدد ذرات العناصر الأخرى التي من الممكن أن تتحد معها. وتبدو هذه الأرقام كما لو كانت ثابتة. فالنسبة في النيتروجين والفسفور ومركباتهما تتضمن ثلاثة أو خمسة، أما الأكسجين والكبريت فتتضمن اثنتين أو ربما ستة، والكربون والسليكون أربعة، والفلزات النشطة (القلوية) مثل الصوديوم فكانت واحدة تمامًا مثلما كانت لمواد الهالوجين (الكلور والبروم واليود).

أما الآن، فإننا نسمي هذه الخاصية "التكافؤ" ونستخدم تكافؤ الهيدروجين كأساس مرجعي، حيث إنه يعادل واحد. لذلك، توضح المركبات التالية: كلوريد الهيدروجين ورمزه HCL والماء ورمزه H_2O والنشادر ورمزه NH_3 ومركب الميثان ورمزه CH_4 أن الكلور والأكسجين والنيتروجين والكربون لها التكافؤ واحد واثنين وثلاثة وأربعة على الترتيب. وقد مكنت هذه الرؤية الكيميائيين من فهم بنية مئات من العناصر المختلفة وحتى التنبؤ ببنية عناصر لم تُكتشف بعد. وقد حقق التكافؤ مبدأً أساسيًا توحيديًا في علم الكيمياء.

لقد اعترف فراكلاند أنه لم يستطع تفسير التكافؤ ولم يحاول فعل ذلك؛ حيث إنه اكتفى بما توصل إليه. وظهر المبدأ مرةً أخرى في الجدول الدوري للعالم دمتري مندلييف (١٨٦٩). فالعناصر الموجودة في عمود واحد في هذا الجدول، تعرف أيضًا كمجموعة (مثل رباعية النيتروجين والفسفور والزرنيخ والأنتيمون) لها التكافؤ نفسه. ولشرح هذا الموضوع، يجب الانتظار إلى القرن العشرين وعبقرية العالم نيلز بور (١٩٢٦).

إسهامات جيمس جول وكلفن في مجال تمدد الغازات وتبريدها

١٨٥٢

قم بهذه التجربة الصغيرة. انفخ على ظهر يدك - سوف تشعر أن الهواء بارد. انفخ وفمك مفتوحًا - ستشعر أن الهواء دافئ. قم بنفخ إطار عجلة باستخدام مضخة؛ ستصبح أسطوانة المضخة ساخنة. قم بإطلاق الهواء من الإطار (أو البالونة) - سوف يكون باردًا. تعتبر هذه الملاحظات بسيطة ويومية، ولكن لم تتم ملاحظتها سوى في عام ١٨٥٢ على يد العالمين الإنجليزيين كلفن وجيمس جول. لذلك، أطلق على عملية اكتساب الغاز للبرودة عند تمدده (أي يزيد في الحجم) واكتسابه للحرارة عند ضغطه (ضغطه في مكان أصغر) اسم ظاهرة "جول وطومسون" (حيث كان كلفن يُدعى باسم وليم طومسون).

تفسر هذه الظاهرة كثيرًا من الأمور مثل السبب وراء برودة الجو عند قمة الجبل عنه في أسفله، على الرغم من أن القمة أقرب إلى الشمس. إن الهواء الساخن الصاعد من الأرض يتمدد (لانخفاض الضغط)؛ ولذلك فإنه يبرد. لقد أصبحت هذه الظاهرة طريقة مهمة لتحويل الغازات إلى سوائل. فيتم ضغط الغاز أولاً (ثم يُسمح له بأن يبرد ثانية إلى حين أن يتم تسخينه مرةً أخرى). بعد ذلك، يتمدد في خرطوم ومن الممكن أن يبرد جدًا لدرجة أن تقل

درجة غليانه، ويتكثف في صورة سائل. بحلول عام ١٩٠٠ تم تحويل الهواء إلى سائل، مثلما تم تحويل الأكسجين والنيتروجين كل على حدة.

يجب ألا تحدث ظاهرة "جول وطومسون" أبدًا، إلا إذا تحركت ذرات الغاز مثل كرات لعبة تنس الطاولة الصغيرة جدًا كما كان يعتقد العلماء حتى ذلك الوقت. ستثب هذه الذرات على بعضها البعض عندما تتصادم وإلا فلن تتفاعل أبدًا. ولتفسير ظاهرة "جول وطومسون" يجب إضافة شيء ما إلى "النموذج": يجب أن تكون ذرات أي غاز منجذبة إلى حد ما إلى بعضها البعض، على الرغم من أن هذا الانجذاب لا يكفي لجعلها تلتصق ببعضها البعض (كما يحدث في السوائل). يجب عليك أن تستهلك الطاقة لرفع حجر صغير من على الأرض عكس الجاذبية الأرضية. وبالمثل، عندما يتمدد الغاز وتتحرك الذرات متباعدة عن بعضها، تكون الطاقة ضرورية لمقاومة الجاذبية المتبادلة. ويجب أن تأتي هذه الطاقة الخاصة بحركة الذرات، لذلك فإن حركتها تقل ويزداد الغاز برودة.

يتناول تفسير ظاهرة "جول وطومسون" أيضًا تأثير ما يحدث داخل زجاجات المياه الغازية؛ حيث إنه عند رج إحدى زجاجات المياه الغازية بقوة، ستتم رؤية مساحة من الضباب أو الفقاقيع داخل عنق الزجاجة. ويتسبب انطلاق الضغط المفاجئ في تبريد الهواء بدرجة كافية لتحويل بخار الماء الموجود فيه إلى قطرات دقيقة سائلة مما يؤدي إلى وجود سحابة صغيرة. ← ١٨٦٢

إسهامات هاينريتش جايسلر في مجال الكهرباء

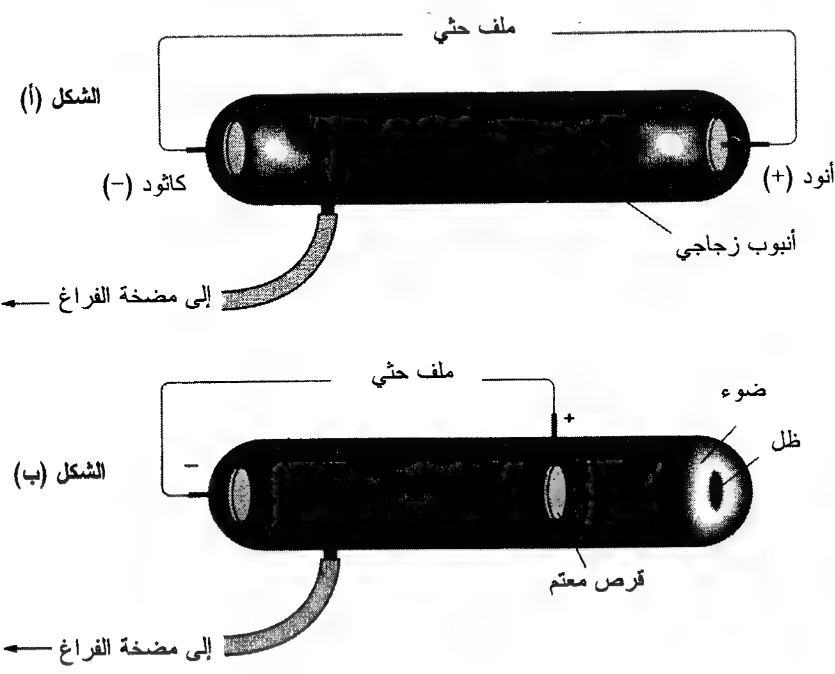
١٨٥٤

عندما انتشرت الكهرباء في القرن التاسع عشر، حرص بعض العلماء على جعل الكهرباء تمر خلال الهواء في المعمل كما يحدث في الطبيعة في ضربات البرق. ولم يكن هذا سهلاً؛ حيث كان الأمر يحتاج إلى تيار عالي الجهد (١٨٢٦). وسرعان ما وجدوا أن التيار ينتقل بطريقة أسهل إذا تم ضخ بعض الهواء أولاً. فالفراغ الجزئي كان أكثر قابلية لحمل التيار أكثر من الهواء في الضغط العادي.

في عام ١٨٥٤، قام عالم الفيزياء الألماني هاينريتش جايسلر بتوضيح هذه الطريقة باستخدام "أنابيب التفريغ" الخاصة به. وقام بلَحم صفيحتين معدنيتين (إلكترود) في أنبوبة مغلقة من

طرفيها ووصل الصفيحتين بملف حثي، وهو نوع من المحولات (١٨٣١) ليعطي كثيرًا من الجهد. وتم شحن أحد الإلكترودين (الأنود) بشحنة موجبة والآخر (كاثود) بشحنة سالبة.

تم توصيل الأنبوب أيضًا بمضخة هواء. وحدث ذلك بعد وقت طويل يقدر بحوالي ٢٠٠ سنة منذ أن قام كل من أوتو فون جاريك وروبرت بويل (١٦٥٧-١٦٥٩) بعمل ذلك من قبل. فقد استخدم كلاهما مكابس تنتج فقط فراغًا عاديًا. أما الآن فقد صمم جايسلر مضخة فراغ تستخدم بخار الزئبق لجمع وطرد أية ذرة هواء متبقية. والنماذج التي تلت ذلك كانت تترك ذرة هواء واحدة من كل ١٠٠٠٠٠ ذرة هواء.



في الشكل (أ) يعد أنبوب التفريغ البسيط وعاءً زجاجيًا مسدودًا بصفيحتين معدنيتين مغلقتين بإحكام (كاثود وأنود) متصلتين بمصدر كهربائي عالي الجهد. تقوم مضخة الفراغ باستخلاص الهواء من الأنبوب. ونظرًا لانخفاض الضغط، تظهر مساحات من الضوء تتخللها بعض مساحات الفراغ المظلمة.

في الشكل (ب) في الضغط شديد الانخفاض، يكون الأنبوب معتمًا ولكن الزجاج في الطرف المقابل للكاثود يبدأ في التوهج. ويلقي الأنود بالظل على ضوئه. يعمل المجالين الكهربائي والمغناطيسي على تحريك الظل، موضحين أن "أشعة الكاثود" غير المرئية التي تسبب الضوء هي عبارة عن جزيئات مشحونة.

عندما قام جايسلر بطرد الغاز، لاحظ أن الغاز بدأ في التوهج؛ فتفريغ الكهرباء أدى إلى حدوث أضواء مختلفة الألوان في غازات مختلفة؛ وكان هذا دلالة على وجود غاز النيون الذي ظهر بعد ذلك. ونظرًا لضخ كثير من الغاز وانخفاض الضغط، تركز الضوء في أماكن معينة تتخللها بعض الأماكن المعتمة. وبعد أن تم تفريغ كل الغاز فعليًا، رأى جايسلر شيئًا فاتنًا. فقد أصبح أنبوب التفريغ نفسه معتمًا، ولكن أضيئت جدران الأنبوب في أحد الأطراف بضوء أخضر باهت.

بذل غيره من الأشخاص القائمين على إجراء التجارب - أمثال يوليوس بلاكر في ألمانيا ووليم كروكس في إنجلترا (الذي كان له نشاط بعد ذلك في البحث الفيزيائي) - قصارى جهدهما لإيجاد تفسير وراء ظهور هذا التوهج أو هذا الضوء. وفي البداية ظن البعض أن هناك صورة غير مرئية من الطاقة كانت تنطلق من كاثود، حيث إن الجدران العليا في ذلك الطرف من الأنبوب لم تكن مضيئة. وسرعان ما أصبح محور الحديث عن "أشعة كاثود".

لكن أي نوع من الأشعة كانت هذه؟ لم يكن الدليل واضحًا. فوراء الأنود مباشرةً، لم تكن جدران الأنبوب مضيئة. وبعض الأنابيب يكون الأنود فيها على شكل تحويلة مالتيز لتوضيح تأثير هذا الظل. لقد ادعى الألمان أنه لكي تقوم بإلقاء ظل حاد يجب أن تنتقل الأشعة في خطوط مستقيمة، كما في الضوء. وقد صنع وليم كروكس أنبوبًا تسمح للأشعة بلف عجلة صغيرة موضوعة في مسارها. مما يعني أن لها قوة دافعة وبإمكانها أن تبذل قوة، مثلما تستطيع الجزيئات.

بذلك، هل تكون أشعة كاثود مثل موجات الضوء أم مثل الجسيمات؟ وتجيب عن هذا السؤال الأبحاث التي أجريت بعد ذلك (أشعة كاثود ١٨٩٥) وترشدنا أيضًا إلى كثير من الاكتشافات، مثل: أشعة إكس والإليكترونيات والتليفزيون والبنية الأساسية للمادة.

آراء هرمان هلمهولتس فيما يخص الكون



١٨٥٤

اشتهر الفيزيائي الألماني هرمان هلمهولتس بدراساته الموسيقية وإجرائه عمليات على العين البشرية، وكان أول من توقع "الموت الحراري للكون". وفي مثل هذا الكون، سيكون هناك وفرة من الطاقة، ولكننا لن نكون قادرين

على استخدامها؛ لذا سيتوقف كل شيء. وبصفة عامة، يبدو من وجهة نظره أن هذا الموت يعد شيئًا لا بد من حدوثه.

في عصره، كان هناك إدراك جديد للحرارة يربطها بالحركة؛ ولكي نكون أكثر دقة، حركة الذرات والجزيئات في المادة. فالغازات تشكل معظم الكون. وطبقًا للنظرية الحركية للغازات، فإن إحدى عينات الغاز تكون أكثر سخونة من الأخرى لأن جزيئاتها تتحرك بشكل أسرع، على الأقل بمعدل معين. إذا قمت بمزج عينتين من الغاز مختلفتي الحرارة، فسوف تبدأ الجزيئات في التصادم، وتتقاسم طاقتها الحركية. فالجزيئات التي تتحرك بشكل أسرع في الغاز الساخن سوف تعطي طاقتها إلى الجزيئات البطيئة في الغاز البارد. وإذا تم تركها وقتًا كافيًا، فسوف تكتسب الجزيئات الموجودة في الخليط معدل السرعة نفسه؛ وسوف تختفي أي اختلافات في الحرارة مخلفةً "توازن حراري".

يعتقد هلمهولتس أن هذه العملية للتغلب على الصعوبات تحدث دائمًا في الكون كله. وعلى مر العصور، يجب أن تختفي الاختلافات المبدئية في درجة الحرارة، لتحقيق اتساق لطيف. بمعنى آخر، يجب أن تصل الانتروبيا (الفوضى) إلى حدها الأقصى (١٨٦٥). وماذا يهم في هذا الأمر؟ فما زالت جزيئات الغاز تتحرك، لذلك ما زال هناك كم وافر من الطاقة بالخارج. ويحظر قانون بقاء الطاقة أي فقد للطاقة.

لا يقتصر الأمر على ذلك. فتربينة الغاز تعمل لأن الغازات الداخلة تعتبر أكثر سخونة من الغازات الخارجة. فالرياح تهب نحو المنطقة الأكثر سخونة من المكان الذي كانت فيه. وتعتبر الاختلافات في الحرارة شيئًا مهمًا في المحركات والطبيعة. دون هذه الاختلافات، لن يتم إنجاز أي عمل مفيد. فكما قال هلمهولتس، إن "الموت الحراري" أمر ينتظر الكون ككل.

لكن في بعض الأحيان، يزداد الأمر اتساعًا. فالفيزيائي الألماني لودفيك بولتزمان، لديه أخبار أفضل. ففي عام ١٨٩٧، لاحظ بولتزمان أنه لا يوجد ما يبرر التزام الكتل الكونية الكبيرة، مثل المجرات أو الأكبر منها، بالتوازن الحراري وعدم كونها مليئة بالتنوع والحياة والحركة لفترات طويلة من الوقت. وطالما أنه توجد طاقة يمكن استهلاكها لحفظ الاختلافات الحرارية، يمكننا أن نواجه "الموت الحراري"؛ حيث يقوم الجزء الذي نعيش فيه من الكون بذلك الآن.

إسهامات جون سنو فيما يخص مرض الكوليرا

١٨٥٤

في عام ١٨٥٤ انتشر وباء الكوليرا مرة أخرى في منطقة سوهو في لندن. وقد تسببت أوبئة الكوليرا وحمى التيفوس والتيفود في أن تفقد المدن المزدحمة في أوروبا مئات الآلاف من الأشخاص الذين لقوا مصرعهم في أسوأ حالات تفشي المرض. وقد اتفق كثير من الأطباء أن للمرض علاقة بالقذارة إلى حد كبير. فقد شهد الصرف الصحي في هذا الوقت تراكم بول وبراز الإنسان مختلطًا بنفايات أخرى متعفنة في بالوعات مجاري نتنة في الشوارع. وغالبًا ما يتبع ذلك انتشار الأمراض المعدية. وكانت حالات الوفاة أخطر بين الفقراء في الضواحي المزدحمة الرطبة القذرة التي لا يوجد فيها صرف صحي مناسب.

لكن كيف بدأ المرض فعلاً وانتشر من نفايات الإنسان المتعفنة؟ لقد كانت نظرية "الأبخرة العفنة" هي الأكثر انتشارًا. فالنفايات المتعفنة تطلق بعض الأبخرة الضارة التي تتسرب داخل البيوت وتسبب الأمراض. كان من ضمن المؤيدين لهذه النظرية السلطات الصحية البارزة والممرضة الرائدة فلورنس نايتنجيل. واستجاب المسئولون عن الصرف الصحي لبناء بالوعات لحجز الغازات الضارة (والنفايات التي تتسبب في تكوينها) في مواسير تحت الأرض وإبعادها عن طريق الأذى، مثلاً في أقرب نهر.

من ناحية أخرى، كان لطبيب لندن جون سنو نظرية مختلفة. فقد اعتقد أن هذه الأمراض تنتقل عن طريق الماء وليس الهواء، ربما لأن الماء يحتوي على كائنات حية دقيقة تمكن الهولندي أنطوان فان لافنهوك من رؤيتها بالميكروسكوب (١٦٧٣). وفي القرن الثامن عشر، ادعى الطبيب النمساوي ماركوس بلينسيز أن "أي مرض له الكائن الخاص به" (١٧٦٢). ولكن لم يربط أحد بين كائن معين وأي مرض، لذلك لاقت "نظرية الجراثيم" كثيرًا من المشقة لتحقيق المصداقية.

في أثناء تفشي المرض الذي حدث عام ١٨٥٤، قام سنو باستخدام خريطة لتخطيط الأماكن التي عاش فيها ضحايا مرض الكوليرا. فوجد أن جميع منازلهم تقريبًا توجد بالقرب من بئر معين ومضخة في أحد شوارع لندن. أما الناس بجوار المضخات الأخرى لم يصابوا بالمرض إلا إذا أخذوا مياههم من هذه المضخة أو أرسلوا أطفالهم إلى مدارس بالقرب

من هذا الشارع. وخطط سنو لإزالة مقبض المضخة حتى لا يستطيع أحد الشرب منها. وتم القضاء على تفشي وباء الكوليرا في وقتها تقريبًا.

لم يكتفِ سنو بإثبات أن الكوليرا تنتقل في الماء بدلاً من الهواء وإنقاذ حياة الكثيرين فقط، بل بدأ منهجًا جديدًا في الصحة العامة عُرف بعد ذلك بعلم الأوبئة. فالدراسة الدقيقة لتوزيع الإصابة بالمرض غالبًا ما تساعد في تتبع السبب وراء الإصابة به. ولكن، لم يتمكن سنو من معرفة ماهية هذا الشيء الموجود في الماء الذي يسبب المرض. وعلى الرغم من عدم تمكن سنو أو أي فرد آخر في لندن من معرفة ماهية هذا الشيء، فإنه قد تم التعرف على السبب وراء الإصابة والذي كان عبارة عن كائن حي دقيق يدعى Vibrum Cholerae في تلك السنة نفسها.

عجائب قطران الفحم

١٨٥٦

لا يبدو قطران الفحم شيئًا سارًا؛ فهو عبارة عن كتلة زيتية غليظة سوداء ذات رائحة كريهة، يخلفها الفحم عند تسخينه بشدة (باستخدام أسلوب التقطير السيئ) في وعاء مغلق لتحضير فحم الكوك (لصهر خام الحديد) وتحضير غاز الفحم (للإضاءة والتسخين). سرعان ما ظن علماء الكيمياء بعد ذلك أن قطران الفحم ليس مجرد مادة واحدة، ولكنه مزيج من المكونات، من الممكن أن يكون بعضها ناتجًا عن تقطير بسيط جيد. وإذا تم التسخين بدقة وبدرجة حرارة مناسبة، فإنه من الممكن أن تنطلق المركبات المختلفة وقد تم تكثيفها واحدًا تلو الآخر.

جدير بالذكر أنه قد تم اكتشاف المركبين الأنيلين وشبيهه الفينول من قبل ذلك. تمكن الألماني فريدليب رونج من اكتشاف هذين المركبين في عام ١٨٣٤. سُمي مركب الفينول فيما بعد "بحامض الفينيك" وتم تقييمه وفقًا لقدرته على قتل الكائنات الحية المجهرية الدقيقة التي من الممكن أن تتسبب في انتشار الأمراض. لقد كان لمركب الفينول دور رئيسي في نشأة التطهير في الجراحة.

للتعرف على كيفية تكون مركب الأنيلين الزيتي عديم اللون، اعتقد الكيميائيون البريطانيون أنه من الممكن أن يشبه الكينين، وهو المضاد الوحيد المعروف ضد مرض الملاريا، ذلك المرض الذي كان حينئذ يمثل كارثة على الإمبراطورية البريطانية. وفي عام

١٨٤٥، تم استدعاء الكيميائي الألماني الرائد ولهلم هوفمان ليدير مدرسة الكيمياء الملكية التي تم تأسيسها حديثًا آنذاك بلندن؛ حيث تمثلت مهمته الرئيسية في تحويل مركب الأنيلين إلى الكينين.

في عام ١٨٥٦، قام وليم بيركن، وكان لا يزال يعمل كمساعد داخل أحد المعامل في بداية حياته، بعمل تفاعل لمركب الأنيلين مع ثاني كرومات البوتاسيوم ثم غمر الناتج في الكحول. ولكنه لم يجد الكينين، بل وجد صبغة أرجوانية جميلة، سُميت بالموفيين أو بالصبغة البنفسجية الخاصة ببيركن. وكانت هذه هي أول صبغة صناعية ملونة وكانت مصدر ثروة بيركن الشخصية. فقد ترك بيركن الكلية وأنشأ مشروعًا لصناعة الصبغة بأموال والده. وأصبح اللون البنفسجي لونًا أنيقًا ورائجًا بشكل قوي بين ملابس النساء. وازدهر بيركن اقتصاديًا، كما استفاد علم الأحياء أيضًا من ذلك. فقد كان اللون البنفسجي مفيدًا جدًا في تلوين وصبغ العينات النباتية والحيوانية لكي يكشف عن التفاصيل المختفية داخلها.

نشأت صناعة الأصباغ الصناعية أو الأصباغ المصنوعة من قطران الفحم في ذلك الوقت، وتطورت سريعًا، خاصةً في ألمانيا بمجرد عودة هوفمان إلى وطنه. وتم تطوير أصباغ صناعية بألوان أخرى كثيرة، بالإضافة إلى العقاقير والمنتجات المفيدة الأخرى المصنوعة من قطران الفحم، وكان هذا مصدر قوة ألمانيا الاقتصادية والصناعية في القرن العشرين. ولكن، سرعان ما ظهرت عيوب ذلك، حيث إن كثيرًا من المركبات المقطرة من قطران الفحم أثبتت أنها تسبب الإصابة بالسرطان.

العثور على أسلافنا

١٨٥٦

في عام ١٨٥٦، ظهرت بعض بقايا العظام المحيرة في أحد المحاجر الجيرية في وادي نياندر (نياندرال في ألمانيا)، والشائع أنه سمي كذلك على اسم الملحن يواخيم نياندر الذي كان يسكن بالقرب منه. واعتقد العمال أن تلك العظام، التي اشتملت على أجزاء من جمجمة وأذرع وسيقان وضلوع، من الممكن أن تكون عظام دب، ولكنها كانت تبدو أكثر آدمية وإن لم تكن آدمية تمامًا. وعندما تجمعت أجزاء أكثر من "رجل نياندر" بدا أن هذه المخلوقات - من الواضح أنها انقرضت الآن - من

الممكن أن تكون أسلافنا. فقد كانت قامتهم قصيرة وكانت أجسامهم تتسم بقوة العضلات والامتلاء كما كانت أنوفهم كبيرة الحجم وجماجمهم قوية وجباههم مائلة وفكوكهم متقلصة وقد كان لهم أمخاخ أكبر من تلك التي لدينا. وقد بدا أنهم مهيئون للحياة في المناخ البارد.

يعتبر أكثر من ٤٠٠ عينة من هذه المخلوقات معروفة لدينا الآن، كما أنها منتشرة في كل مكان في آسيا وأوروبا. ويبدو أن تلك المخلوقات قد تمكنت من العيش في حالة رخاء وازدهار على مدار مئات الآلاف من الأعوام عندما كانت المناطق التي عاشوا فيها مغطاة بالجليد في معظم الأوقات. وقد تم تسميتهم بالجنس البشري المعاصر، الاسم الذي يوضح أنهم كانوا ينتمون إلى النوع البشري نفسه الموجود الآن. فإذا ما ارتدوا الفراء، يكون من الصعب تمييزهم عن سكان الإسكيمو الحاليين.

كذلك، فقد تم العثور على مجموعة أخرى من البدائيين لأول مرة في فرنسا في عام ١٨٦٨. ومن الواضح أن هؤلاء البدائيين الذين أُطلق عليهم اسم الكرومانيين قد تعايشوا مع سكان نياندرال ولكن مظهرهم كان تقريبًا مطابقًا لمظهرنا. لقد أدركنا الآن أن الكرومانيين كان لديهم أول دليل على الحضارة تمثل في المجوهرات ذات الذوق الرفيع والرسومات الجميلة الموجودة على جدران كهوف فرنسا وأسبانيا. وبدا أنه في وقت ما، انقرض سكان نياندرال لكي يتشابه الكرومانيون مع الجنس البشري الموجود حاليًا، ولكن لا يزال هناك جدل بصدد تفاصيل ما كان يحدث عندما كانوا يتشاركون الأجزاء نفسها من الكوكب.

أما اليوم، فإنه لا توجد لدينا أية مشكلة في قبول فكرة أن هذه المخلوقات كانت على الأرجح أسلافنا، إلا أنها كانت فكرة مثيرة للجدل عندما تم اكتشافها لأول مرة. فعندما صرح تشارلز داروين في كتابه The Descent of Man في عام ١٨٧١ أن البشر لهم نسب مشترك مع "الرئيسيات" الأخرى المتمثلة في القرود مثل الشمبانزي والغوريلا، غضب الكثير من الناس. فقد كانت النظرية مهينة ومنشقة وتناقض ما جاء في الكتاب المقدس أن البشر هم سلالة مميزة ومنفصلة أبدعها الخالق. ولكن في إطار الحديث عن العلوم، يُكتب لأية نظرية البقاء أو الفشل وفقًا لمدى مطابقتها للدليل، وقد كان الدليل على نظرية داروين يزداد قوة.

ففي عام ١٨٩١، قام الطبيب الهولندي رينيه دوبوس تحدوه أفكار ألفرد والاس (١٨٥٨) الذي كان معاصرًا لداروين بالبحث المستميت عن دليل في الهند الشرقية (أندونيسيا

حاليًا). وفي جزيرة جاوة الشرقية، عثر على عظام (جمجمة وعظام الفخذ) لمخلوق ظن في البداية أنه قرد ولكنه بعد ذلك تقرر أنه "رجل قرد" (إنسان جاوة)، والذي يرجع تاريخ وجوده إلى حوالي مليون سنة.

لاقت تأكيدات دوبوس عن "إنسان جاوة"، مثل أنه كان يسير منتصب القامة، إنكارًا شديدًا. فقد كانت تلك التأكيدات مضادة لكل من العقيدة الدينية الأرثوذوكسية والإدراك العلمي الذي كان سائدًا في ذلك الوقت. وللقضاء على هذا الخلاف، قام دوبوس بإعادة دفن العظام التي عثر عليها تحت مسكنه حيث ظلت هناك لمدة ٣٠ سنة.

تم الكشف عن عظام أخرى مشابهة في الصين في عام ١٩٢٧ "إنسان بكين"، كما تم العثور على غيرها في أفريقيا، وبها هيكل عظمي كامل تقريبًا في كينيا (رجل تركانا) في عام ١٩٧٥. ويسمى هذا الكائن الآن الرجل منتصب القامة لاقترابه من بني آدم الحاليين (شبيه الإنسان) ولكنه لا ينتمي للجنس البشري الموجود حاليًا. لقد كان الرجل منتصب القامة طويلاً ونحيفًا ومهيأ للحياة في الأماكن الحارة.

لذلك، بدأت في ذلك الوقت قصة، يمكن تصديقها عن أصل الإنسان تعتمد على فكرة العثور على العظام، في الظهور مفادها أن الرجل منتصب القامة ينحدر من أصل أجداد القرود العليا ثم إنه تطور إلى سكان نياندرال والكرومانيين ثم بعد ذلك إلى ما يظهر عليه الجنس البشري الآن. ولكن تبقى بعض الثغرات في تلك الفكرة (ليكي - ١٩٦٤).

إسهامات لويس باستور في مجال التخمر

١٨٥٦

ذاع صيت العالم لويس باستور في مجال العلوم الفرنسية عندما عُين في عام ١٨٥٦ أستاذًا للكيمياء في جامعة ليل في إحدى المدن الصناعية. وكان باستور مولعًا بالأمور العملية وكان يسرع بتقديم مساعدات لحل المشاكل إلى مديري المصانع ومعامل التقطير. وذات مرة، دعاه والد أحد الطلبة؛ وكان باستور يعمل على تحضير الكحول عن طريق تخمير الجذور الدرنية للبنجر، ولكنه في بعض الأحيان كان يحصل على حامض اللكتيك بدلاً من الكحول. فما الذي كان يحدث؟

لا توجد فئة من العلم يمكن أن يُطلق عليها اسم العلوم التطبيقية، ولكن توجد علوم وتطبيقات علمية ترتبط ببعضها البعض كارتباط الثمرة بالشجرة التي تحملها.

لويس باستور

في ذلك الوقت، لم يكن هناك من يعرف ما هو التخمر، ولكن ذلك هو ما حدث. وكان من الواضح أن ما فعله هذا العالم قد تضمن نوعًا ما من التغيرات الكيميائية التي حولت السكر إلى كحول وأطلقت ثاني أكسيد الكربون، ولكن ما الذي أدى إلى ذلك؟ قال البعض إن الخمائر التي كانت تطفو على سطح الوعاء لها دور فيما حدث، ولكن رأي الأغلبية كان مفاده أنه ليس للخمائر علاقة أو أنها نتيجة للتخمر. ولكن القول إنها هي السبب يكون أشبه بنظرية سر الحياة، وهي فلسفة قديمة مشكوك بها أعطت الكائنات الحية خصائص أبعد من الدراسة العلمية.

سرعان ما وجد باستور دليلاً على الأمر. فقد كشف المجهر عن الخمائر في الأوعية التي يتم تحضير الكحول فيها، بينما في الأوعية التي كان التخمر فيها بعيدًا ونتج عنه حمض اللكتيك، كانت الخمائر ممتزجة بكائنات أخرى دقيقة تشبه الأعواد. واكتشف أيضًا أن لبعض المواد الكيميائية التي يتم تحضيرها وتصنيعها جزيئات تتحرك حركة التوائية في اتجاه واحد فقط؛ أي أنها تتسم بعدم التناسق. واعتمادًا على دراساته السابقة (١٨٤٧)، اعتقد باستور أن وجود تلك المواد الكيميائية التي تتسم بخاصية عدم التناسق يعد دليلاً على أن للكائنات الحية تأثيرًا على تلك المواد.

توصل باستور إلى نتيجتين؛ ألا وهما: أن الكحول والحمض كليهما يتكونان من الكائنات المجهرية الدقيقة ("الميكروبات"). وإلا فإنه لن يتم اعتبارهما غير متناسقين. كذلك، فإنه بينما يعمل استخدام الخمائر على تحضير الكحول، تعمل الميكروبات الأخرى على تحضير الحمض. فإذا تم إبعاد الميكروبات المزعجة عن الخليط سيكون كل شيء على ما يرام. وقد أدت نتائج أبحاث باستور، التي استمر في إجرائها على مر السنين، إلى تغيير معيار الجودة في الصناعات التي تعتمد على التخمر. ومن الممكن أن يكون أصحاب المصانع واثقين من جودة المنتج المُصنع لديهم إذا كان خليط الميكروب مناسبًا.

سرعان ما أصبحت الميكروبات هي السبب وراء حدوث أي نوع من أنواع التخمر، مثل تخمر اللبن وتحوله إلى اللبن الرايب وتعفن المخلفات الآدمية، وقد وجد الكثير منها تحت المجهر. كذلك، فقد اكتشف باستور أنه من الممكن قتل الميكروبات بالحرارة، حتى لو حرارة معتدلة لفترة قصيرة. وكانت هذه هي بداية عملية "البسترة"، التي تستخدم الآن عالميًا لضمان سلامة الأغذية وتطويل مدة صلاحية الأغذية المحفوظة بقتل البكتريا التي تتسبب في فسادها. ← ١٨٦٢

إسهامات ألفرد والاس وداروين في علم الأحياء

١٨٥٨

كان الغموض النسبي الذي أحاط بعالم الأحياء الإنجليزي ألفرد والاس حادثة تاريخية. فقد قام والاس بتطوير نظرية التطور، التي كانت إنجازًا كبيرًا في علم الأحياء، بشكل يبعد إلى حد ما عما صرح به تشارلز داروين (١٨٥٩). ومع ذلك، أصبح اسم داروين هو الاسم الذي يتردد كثيرًا اليوم فيما يتعلق بهذا الصدد.

يبدو أن هذا الأمر قد انطوى على المزيد من التعقيد. فقد كان داروين يمانع نشر أفكاره التي كانت في رأسه منذ عشرات السنوات؛ نظرًا لأنه كان يخشى رد الفعل العدائي تجاهها. ولكن عندما أرسل له والاس مقالاً يخبره فيه بآرائه عن التغيير"، قرر داروين في هذه اللحظة أن يكشف للجمهور عن آرائه وأفكاره الشبيهة لآراء والاس. وقد أدى ذلك القرار إلى عرض مشترك لأوراق تصف نتائج أبحاث كل منهما على حدة داخل مجتمع لندن في ذلك الوقت في يوليو ١٨٥٨ (والذي لم يحضره أي منهما)، مما دفع داروين إلى أن يجمع الأدلة كلها ويصدر كتابه The Origin of Species في العام التالي ١٨٥٩. أما والاس، فلم يصدر كتابه حتى عام ١٨٧٠.

كانت الأفكار الموجودة في كلا الكتابين متشابهة بطريقة مدهشة. فكل من داروين ووالاس اتبعا الأفكار السيئة للاقتصادي الإنجليزي توماس مالثوس الخاصة بالصراع الدائم الذي لا ينتهي من أجل الوجود. ومن هنا جاءت نظرية "البقاء للأصلح" من خلال الاستفادة من الاختلافات البسيطة في الجسم أو السلوك. واعتمد الاثنان على خلفية متشابهة من

الاستكشاف والجمع. وتوازي دراسة داروين لمدة ثلاث سنوات على أحد أنواع كلاب الصيد (١٨٣٦) عمل والاس أربع سنوات في غابات الأمازون المطرة وثماني سنوات في الهند الشرقية.

خلطت مهنة والاس بين النجاح والمأساة. فقد تسبب حريق وحادث غرق سفينة في القضاء على العينات التي جمعها كلها من البرازيل وعلى معظم مدوناته. ومع ذلك، تسببت دراساته في جزر الملايو في إثارة أفكاره عن التطور البيولوجي وفي تكوين نظرية خط والاس الذي يفصل بين جزيرتي بورنيو وسولا وفي الجنوب بين جزيرتي بالي ولومبوك. وتختلف الحيوانات والنباتات تمامًا على جانبي الخط، حيث إنها تكشف الكثير عن تاريخ الحياة وحركات الأرض في هذه المنطقة. ويعتبر والاس هو مؤسس علم "الجغرافيا الحيوية".

عاش والاس حتى وصل عمره إلى ٩١ سنة تقريبًا. وكان له نصيبه من التكريم، فقد حصل على وسام الاستحقاق وسلسلة من الميداليات من الجمعيات العلمية. وبالطبع، نال الكثير من التقدير في عصره. ولكن الآن، يشيع بين الناس أن داروين هو مؤسس نظرية التطور، وربما يكون ذلك بسبب كتابه The Origin of Species أو ربما بسبب ما حدث بعد ذلك (١٨٧١).

إسهامات فريدريك كيكيول في مجال الكيمياء

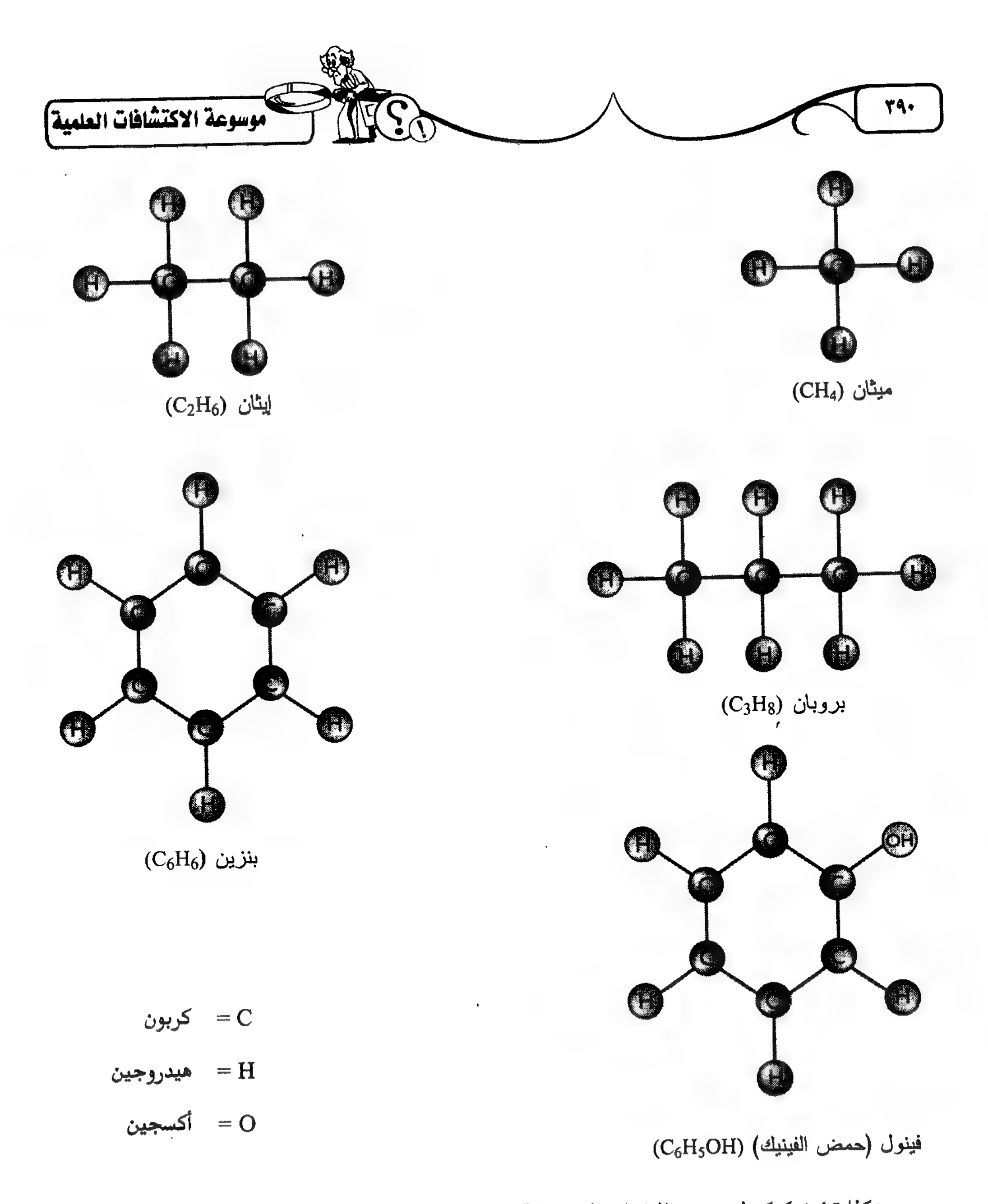
١٨٥٨

يبدو أن العالم الألماني فريدريك كيكيول لم يكن كيميائيًا عمليًا، ولا يمكن وصفه كمعلم مؤثر. ومع ذلك فقد ترك علامة لا تمحى في مجال الكيمياء لا زالت موجودة حتى الآن. فالأسلوب الذي اتبعه ليحقق اكتشافه الكبير كان حكاية مثيرة للاهتمام.

أراد كيكيول أن يفسر مجموعة المركبات المتنوعة متزايدة العدد التي تسمى إجمالاً الهيدروكربونات. ذات مرة، بدأ الكيميائي الأمريكي بنيامين سليمن في تقطير النفط الخام في

عام ١٨٥٤ ، وقد حدد سليمن عشر مواد نقية أو أكثر معظمها من السوائل تكونت فيما يبدو من الهيدروجين والكربون فقط، ولها خصائص مختلفة. فبعض هذه الهيدروكربونات كان خفيفًا والبعض الآخر كان ثقيلاً (أكثر كثافة). بعض هذه المواد كان يغلي بسهولة، والبعض الآخر يحتاج لتسخينه لدرجة حرارة عالية.

عمل كيكيول على فرض أن الكربون له قيمة التكافؤ ٤ (١٨٥٢)، مما يعني أنه من الممكن أن تتحد ذرة الكربون مع أربع ذرات من الهيدروجين. وذلك يشرح تكوين غاز الميثان CH_4. ولكن ماذا عن الباقي؟ تخيل كيكيول أن كل ذرة كربون لها أربعة "خطاطيف" لكي ترتبط بالذرات الأخرى. بفرض أن أحد الخطاطيف قد ارتبط بذرة كربون أخرى ويكون الثلاثة خطاطيف الأخرى لكل ذرة مرتبطة بذرات هيدروجين، فإنه سوف يكون لدينا مركب يتكون من ذرتي كربون وست ذرات من الهيدروجين صيغته الكيميائية C_2H_6 ويُسمى الإيثان. وبوضع ثلاث ذرات من الكربون مرتبطة في خط ومتحدة مع ذرات الهيدروجين سوف ينتج C_3H_8 أو البروبان، وكذلك الحال مع C_6H_{14} الذي سوف يكون الهكسان؛ وC_8H_{18} الذي سوف يكون الأوكتين. ومن الممكن أن يكون لهذه السلاسل أي طول. فكلما أضيفت ذرة كربون، أصبح لدينا سائل أكثر سمكًا وأصعب في غليه.



هكذا تخيل كيكيول، بعض المركبات الكيميائية العضوية المعروفة (التي تحتوي على كربون)، بما فيها أخف ثلاثة غازات هيدروكربونية وكذلك البنزين والفينول. فالذرات في هذه المركبات ترتبط ببعضها "بروابط تساهمية" (١٩٢٨)، المشار إليها بالخطوط. وكان الفينول أحد المركبات الأولى التي تم استخلاصها من قطران الفحم (١٨٥٦) وتم استخدامه بعد ذلك في قتل البكتريا.

صرح كيكيول ذات مرة عن فكرة ربط ذرات الكربون في سلاسل والتي راودته عند ركوبه الأتوبيس في لندن. والشكل المختلف للقصة الأكثر شهرة يتناول مركب هيدروكربوني يسمى البنزين، الذي اكتشفه مايكل فاراداي (١٨١٣). فقد أوضح تحليل البنزين أن صيغته الكيميائية تكون C_6H_6. ولا ينتج ذلك عن الربط في السلاسل الطويلة. ويبدو أن كيكيول قد غلبه النعاس في ذلك الأتوبيس واستيقظ ليعلن أن ذرات الكربون الست في البنزين مرتبطة في شكل حلقة (أي مرتبطة في شكل سداسي وذلك لكي نكون أكثر دقة). كل منها أخذت ذرة هيدروجين وارتبطت بخطاف أو اثنين مع ذرات الكربون على كل جانب. وتعد حلقة البنزين أهم بنية في المدى الواسع للمركبات التي تتعلق بالكيمياء العضوية.

إسهامات تشارلز داروين بصدد أصل الأنواع

١٨٥٩

تم إصدار كتاب The Origin of Species في عام ١٨٥٩. وتسببت الشهرة التي قام بها أصدقاء داروين، الذين تمتعوا بتأثير كبير في العلم والمجتمع بالإضافة إلى سهولة وصول الكتاب إلى الجمهور الذي ليس له اهتمامات علمية، في حصول الكتاب على كثير من اهتمام العامة. وقد ظهرت المقالات النقدية على هذا الكتاب في الصحف الشهيرة. وقد بيعت ١٠٠٠ نسخة من الطبعة الأولى في يوم واحد. سيظل هذا الكتاب واحدًا من أكثر الكتب التي تمت مناقشتها من بين جميع الكتب العلمية التي تم نشرها.

عمل داروين في كتابه The Origin of Species لمدة ٢٠ عامًا منذ عودته من رحلته التي استهدف فيها دراسة أحد أنواع كلاب الصيد (١٨٣٦). ومانع داروين طباعة الكتاب خشية حدوث جدل بسبب أفكاره التي توصل إليها، مثلما حدث مع كوبرنيكس (١٥٤٣). ولكنه لم يكن لديه سوى القليل من الخيارات منذ أن طرح زميله عالم الأحياء الإنجليزي ألفرد والاس الأفكار نفسها في عام ١٨٥٨.

يلخص العنوان الكامل للكتاب رؤية داروين في هذا الشأن؛ والتي تشير إلى أنه من الممكن أن تظهر أنواع جديدة من النباتات أو الحيوانات، حيث إن نمط الحياة على الأرض كان خاضعًا للتغير، وهو الأمر الذي لم يعد مدعاة للخلاف الآن. فمعظم الناس شاهدوا دليلاً على التغيير، سواء كان تدريجيًا أم فجائيًا. وقد اختار داروين التمسك بمبدأ التغيير التدريجي على الأرض مثل تشارلز ليل (١٨٢٩).

لقد رفض داروين نمط التطور الذي قدمه جان لامارك (١٨٠٩) نظرًا لأن الدليل لم يكن مناسبًا، حيث إن الخصائص التي تكتسبها الحيوانات والنباتات في أثناء حياتها تورثها لنسلها. ومع ذلك فقد رأى، مثل لامارك، أن البيئة هي القوة المحركة الرئيسية في التغيير، خاصةً في الصراع من أجل البقاء. ومن الممكن أن تتكيف "سلالات معينة" بشكل أفضل عن طريق اختلافات صغيرة في الجسم أو السلوك لضمان وجود الغذاء والأقران ومكان العيش، وبذلك فإنها تساعد في بقاء نوعها. وبمرور الوقت، تتجمع كل عمليات التكيف الإيجابية التي حدثت في جزء منعزل من النوع حتى تصل إلى المرحلة التي لن يحدث فيها تهجين للنباتات أو الحيوانات مع أنواع أخرى. وستصبح في هذه المرحلة بمثابة "أنواع جديدة".

> **لا أرى سببًا مناسبًا يفسر حتمية تصادم آرائي في هذا الكتاب مع المعتقدات الدينية لدى أي شخص.**
>
> **تشارلز داروين**
>
> **(في كتابة The Origin of Species)**

وضع داروين عملية "الانتخاب الطبيعي" في مقارنة مع عمل مربي الحيوانات والنباتات المسئول دائمًا عن اختيار سلالات معينة بهدف العمل على تكاثرها في المستقبل؛ وهي تلك السلالات التي كانت مناسبة لاحتياجاته وبذلك كانت هي "الأصلح للبقاء". ومن ثم، يبدأ كتابه بتوضيح تكاثر الحمام.

كان لهذه الرؤية الجديدة معنى ضمني بعيد وعميق. إذا استمرت الأنواع الجديدة تتكون من الأنواع الموجودة نتيجة "الانتخاب الطبيعي"، فإن الحياة جميعها يكون لها أصل واحد مشترك. لذا، فقد أدى التطور إلى تكوين أكثر صور الحياة تعقيدًا من أكثر صورها بساطة. ← ١٨٧١

إسهامات جون فيليبس في علم الجيولوجيا

١٨٦٠

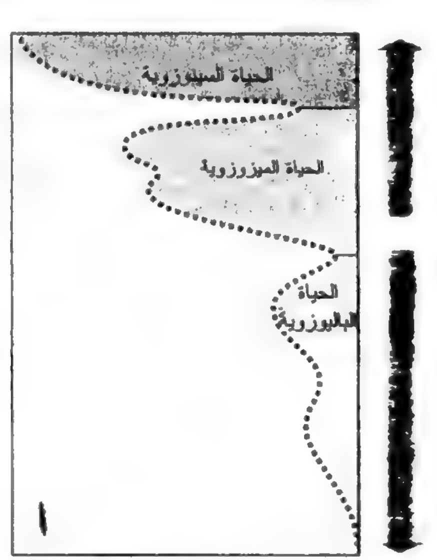
ترك الجيولوجي الإنجليزي، الذي علم نفسه بنفسه وعانى كثيرًا في حياته وليم سميث (١٧٩٩)، تراثًا ضخمًا في مجال علم الجيولوجيا. فهو أول من استخدم الحفريات لتحديد وترتيب ووضع خرائط لطبقات الصخور العديدة المعروفة، وهو أول من وضع الخرائط الجيولوجية التفصيلية. كذلك، فقد اشتمل التراث الذي تركه أيضًا على ابن أخيه جون فيليبس، الذي تعهده بالرعاية بعد وفاة والديه. وقد

صاحب فيليبس عمه سميث في رحلاته العديدة عبر إنجلترا لرسم خرائط الصخور، وبعد ذلك كتب أول سيرة ذاتية عن سميث.

تأثرًا بعمه سميث، ظل فيليبس يحقق مكانة مرموقة لنفسه وسمعة طيبة في مجال عمله. فقد حصل على منصب الأستاذية من كلية كينج في لندن، بالإضافة إلى وسام وولاستون من الجمعية الجيولوجية، وهو الوسام الذي يعتبر عمه هو أول من حصل عليه. والجدير بالذكر أنه واصل تسمية وتصنيف المجموعات الكبيرة لطبقات الصخور؛ حيث كان يبدو أنها تحتوي على سجل ثابت للأحداث القديمة، بما فيها تطورات الحياة.

في عام ١٨٦٠، قام فيليبس بتقسيم طبقات الصخور التي توجد بها الحفريات إلى ثلاث مجموعات كبيرة. وأطلق الاسم باليوزوي على "الحياة القديمة"؛ وأشهر الحفريات الموجودة في تلك الصخور كانت للأسماك. والمجموعة التي تليها في السنين هي الميزوزوي أو عصر "الحياة الوسطى". أما السمة المميزة لهذه المجموعة فتتمثل ببقايا الزواحف، بما فيها المسماة حديثًا الديناصورات (١٨١١). وأخيرًا (في أعلى الطبقات) تأتي السينوزوي أو صخور الحياة الحديثة، حيث تتوفر فيها الثدييات لأول مرة. وتبعًا لرؤية جيوفاني أردوينو في أول أعماله (١٧٥٩) كانت صخور الباليوزوي والميزوزوي في مرتبة ثانية، بينما كانت صخور السينوزوي في مرتبة ثالثة؛ أي أنها تمثل العصر الجيولوجي الثالث.





وضع جون فيليبس خريطة تفصيلية توضح أشكال الحياة المتغيرة على مدى العصور الجيولوجية الثلاثة ممثلةً بالطبقات المتتالية من الصخور. لاحظ التناقص الخطير في أشكال الحياة بين العصور الرئيسية الثلاثة. تمثل هذه الخريطة أول معرفة حقيقية "بأحداث الانقراض" على الأرض.

لقد لاحظ فيليبس شيئًا يُضاف إلى ما سبق. فمن حيث أعداد الحفريات المختلفة، كانت كل حقبة متتالية بها المزيد من صور الحياة بما يفوق الحقبة التي تسبقها، وخاصةً في المحيط. كان هناك المزيد من مختلف صور الحياة في الحقبة الميزوزوية عنها في الحقبة الباليوزوية، وكذلك المزيد من تلك الصور أيضًا في الحقبة السينوزوية.

لقد كانت الحقيقة الأكثر واقعية هي تلك التي مفادها أنه من بين هذه الحقب كانت تهلك تلك المجموعات المتنوعة من الكائنات الحية. فكثير من صور الحياة (أو حتى معظمها) كان يتعرض للانقراض ببساطة. ولأسباب غير معروفة، تعرضت البحار لظاهرتي المد والجزر على مر العصور، كان بعضها لطيفًا وبعضها الآخر مأساويًا. وقد لاحظ وليم سميث فعليًا عملية الانقراض الضخمة بين العصر البرمي الذي أنهى الحقبة الباليوزوية والعصر الترياسي الذي بدأت معه الحقبة الميزوزوية. وإلى ذلك الحد، واصل فيليبس من حيث توقف عمه.

إسهامات كلفن لحساب عمر الأرض

١٨٦٢

في عام ١٨٦٢، أعلن كلفن أنه سيتحدى تشارلز داروين، الذي أصدر كتابه الشهير The Origin of Species فقط منذ ثلاث سنوات (١٨٥٩). فقد صرح الفيزيائي كلفن أن عالم الأحياء داروين أخطأ في تقريره الذي مفاده أن جميع صور الحياة الموجودة على الأرض اليوم من حيوانات ونباتات كانت نتيجة لعملية بطيئة جدًا من التطور البيولوجي. أعلن كلفن أنه لم يكن هناك وقت كافٍ لكي يحدث هذا.

لقد كان أساس ادعاء كلفن بسيطًا: إذا كانت الأرض قد بدأت ككرة من الصخور المنصهرة، فإنه بإمكان الفيزيائيين أن يحسبوا الوقت الذي استغرقته الأرض لكي تبرد وتصل إلى درجة الحرارة التي عليها الآن، فحتى إذا لم يكن حسابهم دقيقًا، فإنه على الأقل سيمثل معدلاً متوسطًا. أشارت العمليات الحسابية التي قام بإجرائها العلماء أن تلك العملية استغرقت من ٢٠ مليون إلى ٤٠٠ مليون سنة على الأكثر. وإذا كان هذا صحيحًا، لم يكن هذا يمثل ورطة بالنسبة للبيولوجيين فقط، الذين يحتاجون إلى وقت أكبر من هذا للخطوات العديدة التي تحدث في أثناء التطور البيولوجي، ولكنه كان يمثل ورطة أيضًا بالنسبة للجيولوجيين الذين رأوا أن عمليات تشكيل الأرض من تعرية وتكوين للجبال تتم بالبطء نفسه.

لقد وجد كلفن الدعم من علماء الفلك مثل الأمريكي سيمون نيوكوم. إذا كانت الشمس قد تكونت من سحب ضخمة من الغازات والغبار (١٧٩٦)، من المؤكد أنها كانت ساطعة لمدة ١٠٠ مليون سنة على الأكثر. حتى وإن كانت المدة أكبر من ذلك، فإنها كانت ستبرد. وهذا يفترض أن حرارة الشمس كلها أتت نتيجة لانكماش هذه السحب تحت تأثير الجاذبية. كما أن المصدر الحقيقي لطاقة الشمس، الذي يمكّنها من الإشراق لبلايين السنين، لم يكن معروفًا حتى ١٩٣٨.

كان من الضروري أن تضعف ثقة كلفن في تنبؤاته نتيجة لوقوع حدث ما في أثناء حياته ألا وهو اكتشاف هنري بيكيريل للنشاط الإشعاعي في عام ١٨٩٦. فالعناصر المشعة مثل الراديوم تطلق حرارة؛ حيث وجد الفيزيائي الفرنسي بيير كوري في عام ١٩٠٣ أن الراديوم يمكن أن يذيب ما يماثل وزنه من الثلج في ساعة. وسرعان ما اتضح أن النشاط الإشعاعي كان منتشرًا في جميع أنحاء الأرض؛ وبذلك من الممكن أن يكون قد وفر الحرارة الكافية المستمرة لتحفظ الأرض دافئة لبلايين السنين، وهو الوقت الكافي لكي يظهر فيه تأثير كل من التطور البيولوجي والتغير الجيولوجي البطيء. وأول من أعلن هذا كان جورج ابن تشارلز داروين، وبعده عالم فلك في كامبريدج.

وجد كلفن صعوبة في أن يعترف أمام الجميع أنه أخطأ وظل يدعم أفكاره السابقة حتى توفي في عام ١٩٠٧. ولكنه كان مستعدًا على ما يبدو أن يقول سرًا إن حساباته كانت مبنية على "معرفة ناقصة". ← ١٩٠٠

إسهامات لويس باستور في مجالات أخرى من الحياة

١٨٦٢

على مدار العديد من القرون، ظلت فكرة "التولد التلقائي" – التي مفادها أن الكائنات الحية من الممكن أن تخرج إلى الوجود من كائنات غير حية – رائجة بين الناس. فقد ظهرت الفئران في القمامة المتعفنة وسمك الثعابين في المياه الراكدة والديدان في اللحوم الفاسدة. وحتى عندما قال البعض إن الحيوانات خرجت من بيض وضعه آباؤها، كان لا يزال هناك خلافات على تلك الفكرة. فالقشرة الخارجية التي تغطي برتقالة متعفنة كانت تبدو أنها جاءت من العدم. كذلك، من أين جاءت تلك الميكروبات التي تعتبر كائنات دقيقة توجد في المياه وأماكن أخرى ولكنها لا تُرى إلا تحت المجهر؟

في كثير من الأحيان، كان التولد التلقائي يلقى اعتراضًا. فقد وجد كل من فرانسيسكو ريدي (سفامردام ١٦٧٠) و لازرو سبولانزي (١٧٦٨) وآخرين أن اللحوم المغطاة من الحشرات لا تنمو عليها الديدان وأن حساء اللحم المغلي البعيد عن الهواء لا يفسد. أما القول الفصل في هذا الموضوع فقد كان للعالم لويس باستور، الذي كان مشهورًا بالفعل بأعماله في مجال التخمر (١٨٥٦) لبعض السوائل مثل اللبن الذي يتحول إلى اللبن الرايب. فقد استطاع التعرف على أنواع الميكروبات التي تسبب التخمر، وبهذا يكون من المحتمل أنها موجودة في أشكال أخرى من التعفن.

> **ليس للعلم وطن معين، لأن العلم يخص البشرية جميعها، وهو المصباح الذي يضيء للعالم أجمع. فالعلم يمثل أعلى الدرجات المعبرة عن شخصية الأمة؛ لأن الأمة سوف تظل هي أول من يمضي بأعمال الفكر والعقل قدمًا إلى الأمام.**
>
> **لويس باستور**

لا أحد يمكنه أن يجادل في تجربة الدورق "ذي رقبة الإوزة" التي أجراها هذا العالم. فقد قام بغلي حساء اللحم ووضعه في دورق تنتهي قمته بأنبوب طويل، ينحني إلى الأسفل ثم إلى الأعلى، مثل رقبة الإوزة. وإذا كان طرف الأنبوب مسدودًا لمنع الهواء، لن "يخرج" الحساء خارجها. وإذا تم فتح طرف الأنبوب والسماح بدخول الهواء، فسوف يظل الحساء طازجًا، لأن (كما قال باستور) الأنبوب سيعمل على احتجاز ذرات التراب التي تحمل الميكروبات المسببة للتخمر وتمنعها من الوصول إلى الحساء.

بعد كل هذا، لم يستطع أحد بالفعل أن يجادل باستور عندما قال إن التولد التلقائي كان مجرد أسطورة. فالميكروبات تنشأ من ميكروبات أخرى مثلها، وهي فكرة "أن الكائنات الحية تنشأ عن كائنات حية أخرى"، الأمر الذي ترك قضية أصل الكائنات الحية دون حسم، ولكن لم يكن أحد مستعدًا لكي يتطرق إلى هذه القضية في ذلك الوقت. ← ١٨٨٦

ترتيب العناصر (٢)

١٨٦٤

بعد مرور خمس وثلاثين سنة على محاولة الألماني جوهان دوبرينر في عام ١٨٢٩ في أن يجد بعض الترتيب بين الرتب المتزايدة للعناصر الكيميائية (وفشل في إقناع معظم زملائه)، جاء الكيميائي الأمريكي جون نيولاندس ليكمل هذا التحدي. وفي ذلك الوقت، أصبحت فكرة أن ذرات العناصر المختلفة لها "وزن ذري" مميز فكرة مثبتة ومنطقية وكانت قيمها معروفة جيدًا. قام نيولاندس بترتيب العناصر المعروفة، وكانت في ذلك الوقت ٦٠ عنصرًا، في قائمة تبعًا للوزن الذري. كانت توجد في أعلى القائمة أخف ذرة، ألا وهي ذرة الهيدروجين، وفي آخرها كانت توجد أثقل ذرة معروفة وقتها، ألا وهي ذرة اليورانيوم.

عند إعادة ترتيب القائمة، وجد نيولاندس أن ترتيب الذرات في سبعة أعمدة سيكون ذا شكل جذاب. فكل صف سيشتمل على العناصر المتشابهة في الخصائص: مثل البوتاسيوم بجوار الصوديوم والكبريت بجوار السلينيوم والكالسيوم بجوار الماغنسيوم. ومن ثم، فإن كل مجموعة ثلاثية عند دوبرينر لها مكان. من ناحية أخرى سمى نيولاندس تصميمه بقانون الثمانيات. ولكن كان هناك بعض التنافر. فاحتوت بعض الصفوف على عناصر لها خصائص مختلفة اختلافًا كبيرًا. وبالتالي، لم تقتنع الأغلبية بذلك. وكما هو الحال مع المجموعات الثلاثية التي ابتكرها دوبرينر، لم يتم قبول ثمانيات نيولاندس.

تلاه في المحاولة، الكيميائي الألماني يوليوس ماير. فقد قام بحساب مقدار الفراغ الذي تشغله ذرات كل عنصر ("الحجم الذري") ورتب هذه الأرقام تبعًا للرقم الذري. وكانت الأرقام تعلو وتهبط مثل الموجات، حيث تصل إلى الأعلى عند "الفلزات القلوية"، مثل البوتاسيوم والصوديوم، التي لها ذرات أكبر من ذرات أي عنصر آخر بالقرب منها في القائمة. وقد تم تعريف مجموعة العناصر المحصورة بين طرفين "كفترة". ويوجد في أول فترتين سبعة عناصر لكل منهما مثل ثمانيات نيولاندس. ولكن الفترتين الثالثة والأخيرة كانتا أكبر. وأصبح من الواضح أنها منظمة إلى حد ما، ولكن ظلت الشفرة دون حل إلى أن تم إحراز ذلك التقدم الخارق في عام ١٨٦٩.

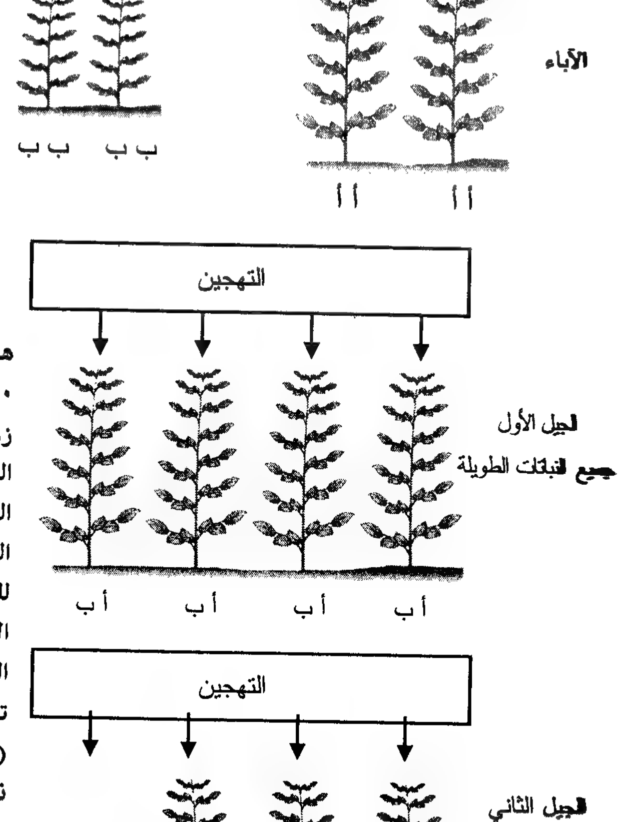
إسهامات جريجور مندل في مجال قوانين الوراثة

١٨٦٥

أراد النمساوي جريجور مندل تدريس علم الأحياء، ولكنه كان يقضي معظم وقته في حديقته يتفكر في قضية واحدة رئيسية؛ ألا وهي ما الذي يقرر كيفية انتقال الخصائص المختلفة للنبات من جيل إلى آخر؟ وفي سلسلة من التجارب الشهيرة التي بدأت في عام ١٨٥٧، قام مندل بزراعة مجموعات مختلفة من البازلاء، مع التركيز على القليل من الخصائص الواضحة مثل طول النباتات وما إذا كانت البذور ملساء أم مجعدة ولون الأزهار وهكذا.

بدأ مندل بمجموعات "التزاوج الحقيقي"، حيث كانت كل النباتات في كل جيل متشابهة. على سبيل المثال، كانت جميع النباتات في تلك المجموعات إما طويلة أو قصيرة. فقام مندل بتهجين السلالات المختلفة، حيث قام بنقل اللقاح بنفسه من سلالة لأخرى لإنتاج الهجين، مع منع النباتات من التلقيح الذاتي. في الجيل الأول، كان النتاج كله متشابهًا؛ فقد كان كله طويلاً على سبيل المثال. قال مندل إن الطول في هذه الحالة ساد على القصر. وبالمثل، فقد سادت صفة البذور الملساء على الصفة المجعدة، وهكذا. إلا أنه عندما قام بتهجين الناتج للحصول على جيل آخر، كانت النتائج مختلفة. كانت الصفات السائدة موجودة في ثلاثة أرباع النباتات، أما الربع الآخر فقد كان له صفة أخرى – القصر مثلاً – مما جعل مندل يطلق على هذه الصفة اسم الصفة "المتنحية".

لشرح النتائج التي توصل إليها، وضع مندل "قوانين الوراثة". فالنبات دائمًا ما يحمل صفة جينية، أو "عامل جيني"، من كل من الذكر والأنثى. كذلك، فإن أجزاء منفصلة من تلك الصفات الجينية تتحكم في كل خاصية وراثية. وأعطت المجموعات الحقيقية لتهجين النباتات الطويلة والقصيرة لكل نتاج عاملاً من الطول وعاملاً من القصر. وبما أن الطول هو الصفة السائدة، فقد كان من الضروري أن تكون نباتات الجيل الأول طويلة. ولكن في الجيل الثاني، كان ٢٥٪ من النباتات (في المتوسط) لها عاملان طول، و٢٥٪ لها عاملان قصر، و٥٠٪ لها عامل طول وعامل قصر. لذلك، يكون ٧٥٪ من النباتات طويلة و٢٥٪ قصيرة.



هذا يوضح نتيجة واحدة مما يقرب من ٣٠٠٠٠ تجربة أجراها جريجور مندل على زراعة النباتات على مدى ١٠ سنوات في الحديقة. وقد تم تلقيح النباتات الناتجة عن التزاوج الحقيقي للنباتات الطويلة مع النباتات الناتجة عن التزاوج الحقيقي للنباتات القصيرة. فأصبحت نباتات الجيل الأول كلها طويلة ولكن ربع نباتات الجيل الثاني قصيرة.

تشرح أزواج الحروف التي توضح "العوامل" (الجينات) الوراثية السبب وراء حدوث ذلك. فالبنية الوراثية (أ أ) و(أ ب) تعني أن كليهما طويل؛ حيث إن (أ) تعتبر صفة سائدة على (ب). ولكن ٢٥٪ من الجيل الثاني له البنية الوراثية (ب ب)، مما يوضح تلك الصفة المتنحية من القصر.

كان مندل في طليعة علماء عصره، على الرغم من أن جوزيف كولريوتر (١٧٦١)، قد لاحظ أنماط الوراثة نفسها قبله بقرن. ولكن نتائج أبحاث مندل، التي نشرت في عام ١٨٦٥، تم تجاهلها حتى اكتشفت مرة أخرى في عام ١٩٠٠. وما زال المتشككون يتعجبون من دقة الأرقام التي استشهد بها. هل قام مندل "بصقل البيانات" حتى تظهر النتائج أكثر

وضوحًا؟ ومن حسن الحظ أنه اختار صفات كانت تورث بشكل مستقل. فإذا ما تم ربط صفتين منهما معًا، أي أن يستلزم توريث إحداهما توريث الأخرى، فإن معطياته ستكون غير مرتبة. ومع ذلك، فقد استطاع مندل أن يتوصل إلى نتائج من خلال أبحاثه الرائدة التي تعتبر بداية لعلم الوراثة بجميع ما تتضمنه. ← ١٩٠٠

قانونا الديناميكا الحرارية المتلازمان

١٨٦٥

ربما تكون الفكرة، التي قدمها لأول مرة أنطوان لافوازييه (١٧٨٩) بأن الحرارة عبارة عن مادة عديمة الوزن تسمى "السيال الحراري"، ثبت أنها غير مناسبة تمامًا ولا تصلح لملاءمة الحقائق، ولكنها كانت مفيدة في طريقة واحدة مهمة. فالحرارة بسبب كونها مادة، لا يمكن استحداثها أو تدميرها. وإنما يمكن الاحتفاظ بها،

بحلول الأربعينيات من القرن التاسع عشر، أصبحت الأدلة تدعم هذه الفكرة، على الرغم من اعتقاد البعض أن الحرارة تمثل صورة من صور الحركة. فالمادة التي تبقى أصبحت الآن تسمى "الطاقة"؛ حيث من الممكن أن توجد في العديد من الصور القابلة للتحول. أوضح الإنجليزي جيمس جول (١٨٤٧) أن الطاقة التي يحملها التيار الكهربي من الممكن تحويلها إلى حرارة بطريقة ممكن تصورها. والأكثر من ذلك، أنه من الممكن أيضًا تحويل الطاقة المنطلقة نتيجة لوقوع شيء ما تحت تأثير الجاذبية إلى حرارة. (لذلك تكون المياه في قاع الشلال أكثر دفئًا من تلك التي في أعلاه.)

في عام ١٨٤٧، ربما يكون الألماني هرمان هلمهولتس هو أول من وضع قانون "بقاء الطاقة" كمبدأ عام. فالطاقة في أية صورة – سواء حركة أو حرارة أو ضوء أو كهرباء أو تفاعلات كيميائية – يمكن تحويلها إلى أية صورة أخرى بمعدل تحويل ثابت، ولكن لا يمكن استحداث أو تدمير أي منها. أدى ذلك فيما بعد إلى الإعلان عن القانون الأول للديناميكا الحرارية. في الوقت نفسه، كان هناك قانون آخر يتم وضعه. أدرك سادي كارنو أن الحرارة الموجودة في الغاز ليست كلها متاحة لإنجاز العمل الذي يريد إنجازه (١٨٢٤). فادعى الفيزيائي الإنجليزي كلفن أنه يرى اتجاه عام نحو تحويل الطاقة الميكانيكية المفيدة إلى حرارة، بالاحتكاك مثلاً. فالغاز الساخن يبرد نتيجة لتمدده (١٨٥٢) مسببًا مزيد من

الطاقة المهدرة. لاحظ هلمهولتس الشيء نفسه وتوقع "هلاك الكون" (١٨٥٤) كنتيجة لهذا. ولاحظ ألماني آخر رودولف كلاوسيوس، أن الأجسام الساخنة تبرد تلقائيًا ويجب إمدادها بالطاقة إذا تم تسخينها – "الحرارة نفسها لا يمكنها الانتقال من جسم لجسم آخر أكثر سخونة".

قانونا الديناميكا الحرارية

القانون الأول: الطاقة لا تفنى ولا تستحدث، ولكن يمكن تحويلها من صورة إلى أخرى أو تخزينها لحين استخدامها.

القانون الثاني: لا يمكن للحرارة أن تنتقل كاملة من جسم لجسم آخر أكثر سخونة. فهذا الأمر يعادل قولنا إن الطاقة تصبح أقل وجودًا باستمرار، ولذلك تزيد الانتروبيا.

بعد ذلك، اختتم كلاوسيوس هذه الموضوعات في نظريته الانتروبيا، وهي عبارة عن مقياس الفوضى في العالم الطبيعي (١٨٥٠). فقد استطاع كلاوسيوس أن يقدم أكثر العبارات إيجازًا لهذين القانونين الأساسيين للديناميكا الحرارية. ففي عام ١٨٦٥ أعلن ما يلي: (١) طاقة الكون ثابتة؛ (٢) دائمًا ما تتجه انتروبيا الكون نحو حدها الأقصى. نادرًا ما يوجد شيء بهذه الأهمية يقال في بضع كلمات قليلة.

إسهامات عالمي الفلك نورمان لوكير وجولس يانسين

١٨٦٨

في عام ١٨٦٩، تم اكتشاف شيء غير متوقع عن الشمس؛ حيث إن بها بعض المواد التي (من الواضح) أنها لا توجد على الأرض. ففي العصور القديمة، بالطبع، كان من المعتقد أن كلاً من الأرض والشمس قد تكونا من نوعين مختلفين تمامًا من المادة؛ ولكن يبدو أن هذه الفكرة قد تلاشت منذ زمن بعيد. كذلك، كان من المعتقد أنه يمكن تطبيق قوانين الفيزياء والكيمياء على النظام الشمسي وربما على الكون.

توجد، إلى حد ما، خلفية لهذا الأمر، ظهرت تلك الخلفية من خلال علم الطيف، وهو عبارة عن دراسة الألوان في ضوء منبعث من عناصر مختلفة، مثل الشمس. وقد أتت هذه الفكرة

من طريق طويل، منذ أن بدأ الباحث الألماني الشهير جوزيف فرانهوفر أن يتعامل مع الأمر بجدية في عام ١٨١٤. فعن طريق انتقال الضوء من الأجسام المختلفة من خلال المنشور وبعد ذلك من خلال شبكة الحيود لفصل الألوان، عرف الباحثون أن الطيف الخارج من المجسمات المضيئة يحتوي على جميع الألوان، ولكن الطيف الخارج من الغازات المتوهجة به فقط القليل من الخطوط المضيئة التي لها ألوان صافية على خلفية سوداء. ويبدو أن الشمس تعد حالة خاصة؛ فخلال ألوانها المنتشرة توجد بعض الخطوط المعتمة الرفيعة، كما لو كان بعض من هذه الألوان مفقود.

في حوالي عام ١٨٦٠، قام الألمانيان روبرت بنسن وجوستاف كيرخوف بوضع كل ذلك معًا. نظر كلاهما إلى طيف لهب كانا قد نثرا عليه قطعًا صغيرة من الصوديوم على سبيل المثال. وكان لطيّف الانبعاث الخطوط الساطعة الملونة نفسها. ولكن انتقال الضوء من مصباح ساخن جدًا من خلال اللهب نفسه يعطي حزمة متصلة من الألوان التي تتخللها خطوط سوداء متداخلة، حيث قد تم امتصاص بعض الألوان.

اتضح فجأة أن الخطوط السوداء والخطوط الساطعة موجودة في المكان نفسه في الطيف. كذلك، فقد كان الطيف يشتمل أيضًا على الألوان نفسها، المميزة بعناصر معينة. لذلك، أظهرت الخطوط المعتمة في الطيف الشمسي العناصر الموجودة في الأماكن الباردة الخارجية من الشمس التي امتصت بعض الضوء من السطح الساخن.

يعني ذلك أنه بتحليل ضوء الشمس، يمكننا أن نعرف مما تتكون الشمس. وسرعان ما تمت تسمية الخطوط المعتمة جميعها بأسماء العناصر المعروفة على الأرض، فيما عدا عنصر واحد شاهده لأول مرة عام ١٨٦٨ عالما الفلك نورمان لوكير من إنجلترا وجولس يانسين من فرنسا. لم يُعرف لهذا العنصر نظير على الأرض، ولذلك سُمي بعنصر "الهليوم"، وهو ما يعني في اللغة اليونانية "الشمس".

إلا أنه مع مرور الوقت، تم العثور على الهليوم على الأرض. فبعد ثلاثين عامًا، ظهر طيفه مصحوبًا بمعدن يحتوي على اليورانيوم. ولكن، سيتم تناول ذلك الأمر فيما بعد (١٨٩٨).

تفسير حركة جزيئات الغازات

١٨٦٨

يعد تفسير حركة جزيئات الغازات مثل الهواء الجوي قضية طالت دراستها علميًا، وخاصةً عندما فهمنا أن الغازات إحدى الفئات المميزة للمادة وأنها تعبر عن الحالة الثالثة للمادة (١٧٢٧). وأول من حاولا دراسة ذلك الأمر، كانا الأيرلندي روبرت بويل والسويسري دانيال برنولي. اعتقد بويل أن جزيئات الغاز مرتبطة مع بعضها بروابط مرنة يمكن ضغطها أو تركها لتتمدد. وهذا يعد تفسيرًا لقانون بويل (١٦٥٩).

من ناحية أخرى، كان لدى برنولي (١٧٣٨) فكرة أفضل في هذا الصدد. فقد قال إن جزيئات الغاز تتسم بحرية الحركة؛ فهي تتحرك بشكل أسرع عندما يكون الغاز أكثر سخونة. فتثب الجزيئات على جدران الوعاء بصورة متكررة، وتشكل تلك العمليات المتكررة من تصاعد الغازات المجتمعة ما يعرف بضغط الغاز. ولا تقدم لنا دراسة الرياضيات قانون بويل فقط وإنما تقدم أيضًا قانون شارل (١٧٨٣) الذي يربط بين حجم الغاز وحرارته. لذلك، كان هذا "نموذجًا" ناجحًا، حتى لو لم تكن جزيئات الغازات الحقيقية تتحرك هكذا بالضبط (١٨٥٢).

عكف الكثير من العباقرة على العمل في هذا الأمر؛ حيث كانوا يقومون بتطوير علم الرياضيات باستمرار. وقد ربطوا ضغط الغاز مباشرة بطاقة حركة الجزيئات. واستطاعوا تقدير سرعة انتقال الجزيئات بما لديهم من أفكار عن وزن الجزيئات. وكانت سرعتها مذهلة، حوالي ٥٠٠ متر في الثانية؛ أي ما يقارب سرعة طلقة بندقية. ولكن الجزيئات في الهواء العادي لا تتحرك بعيدًا في اتجاه واحد (أقل بكثير من مليمتر واحد) قبل أن تصطدم بجزيء آخر (أي حوالي ٦ بليون مرة في كل ثانية) ثم تثب في اتجاه آخر. لذلك، تكون حركة كتل الغاز، مثلاً عند هبوب الرياح، بطيئة ما إذا قورنت بسرعة الجزيئات المنفردة.

ثابت بولتزمان (k)

عبارة عن ذلك الرقم الذي يربط طاقة الحركة لذرة أو جزيء ما في جسم صلب أو سائل أو غاز بحرارة المادة، ويمكن قياسه بدرجات مطلقة أو كلفنية. ويعد ذلك الرقم صغيرًا جدًا. نظرًا لأن عدد أفوجادرو (١٨١١) يعد رقمًا كبيرًا جدًا. وكل درجة ارتفاع في الحرارة تزيد من طاقة الجزيء بمقدار واحد من ١٠^٢٤ من الجول.

تزداد طاقة عدد أفوجادرو للجزيئات (ما يعادل ما يوجد في جرامين من الهيدروجين أو ١٢ جرامًا من الكربون، أي في الجزيء الجرامي الواحد) بمعدل ٨ جول كلما ارتفعت درجة الحرارة درجة واحدة.

قام الفيزيائي النمساوي لودفيك بولتزمان بتطوير الأمر قليلاً، وربط بين طاقة الجزيئات وحرارة الغاز (الحرارة المطلقة كما عرفها كلفن في عام ١٨٤٨) ويمكننا الاستشهاد بإحدى معادلاته في هذا الصدد:

متوسط الطاقة لكل جزيء = 3/2kT

حيث إن قيمة (T) تمثل درجة الحرارة بالدرجات الكلفنية وقيمة (k) تمثل ثابت بولتزمان (العديد من وحدات الجول للطاقة بالنسبة لكل درجة حرارة).

في حوالي عام ١٨٦٨، أدرك بولتزمان أن جزيء الغاز بإمكانه أن يتحرك في ثلاثة اتجاهات: من أعلى إلى أسفل ومن الأمام إلى الخلف ومن جانب إلى جانب. وأطلق على هذه الاتجاهات اسم "درجات الحرية"، وقال إن كل اتجاه من الممكن أن يكون له مقدار متساوٍ من الطاقة المتاحة، وهو 1/2kT. وكان هذا هو القانون الذي وضعه والمعروف باسم تجزئة الطاقة بالتساوي، الذي سوف نتناوله بالشرح مرةً أخرى، عند الحديث عن الأشعة فوق البنفسجية (١٩٠٠).

إسهامات فرنسيس جولتون في وضع مقياس لكل الأشياء

١٨٦٩

ربما لم يكن في صالح فرنسيس جولتون أن يكون تشارلز داروين ابن عمه. فعلى الرغم من التنوع الهائل في إنجازات كل منهما، لا أحد يتذكر اليوم فرنسيس جولتون، بينما يعرف الجميع اسم ابن عمه داروين. وأولئك الذين يتذكرونه من الأرجح أنهم يتذكرون أنه كان من أوائل الذين ناصروا "علم تحسين النسل"، وهو علم التزاوج الانتقائي للبشر "لتحسين السلالة" أو اكتساب صفات وراثية مرغوبة. وقد نالت هذه الفلسفة سمعة سيئة على مر السنين.

كان لكل من تشارلز داروين وفرنسيس جولتون الجد نفسه (إيرازموس داروين) وكانا يعيشان في ظل الحياة المريحة للطبقة المتوسطة؛ ومن ثم، كانا قادرين على متابعة أبحاثهما دون أية حاجة حقيقية لكسب المال. وعلى عكس داروين، الذي اهتم بعلم الأحياء، كان جولتون له إسهامات كثيرة في مختلف المجالات. فمن الممكن اعتباره مكتشفًا لأفريقيا الاستوائية وعالمًا في مجال علم الإنسان وجغرافيًا وعالمًا نفسيًا وإحصائيًا أيضًا. وهو الذي عمل على تطوير نظام بصمة الأصابع (إن لم يكن قد اخترع فكرته) لإثبات هوية من كان حاضرًا في موقع الجريمة.

كذلك، كان جولتون أول من يفكر في أن رسم خرائط لتوزيع ضغط الهواء من الممكن أن يكون مفيدًا في فهم أو حتى توقع الطقس. وقد أطلق مصطلح "الإعصار المضاد" على الكتل الهوائية الضخمة ذات الضغط المرتفع الموجودة على جانبي خط الاستواء، وهذا المصطلح يقابل مصطلح "الإعصار" الذي يستخدم بالفعل للمناطق الأصغر والأكثر كثافة ذات الضغط المنخفض. وما يثير مزيدًا من الدهشة أن أول خرائط من هذا النوع يتم نشرها علنيًا قد تم رسمها من أجل إمارة البحر على يد روبرت فيتزروي، الذي كان يعمل ربانًا للسفينة Beagle التي قامت برحلة داروين لدراسة كلاب الصيد (١٨٣٦).

ربما كانت أعظم إسهامات جولتون تلك التي تتعلق بمجال قياس الإنسان. فقد قام بقياس كل شيء – الأطوال والأوزان والرأس وأحجام الأطراف – لآلاف الأشخاص، ووضع النتائج في شكل بياني ليرى كيفية توزيع هذه العوامل. وجد أنها يمكن أن تنتشر بين السكان بطريقة متوقعة؛ وأصبح التوقع أكثر وضوحًا كلما تم أخذ المزيد من القياسات. وقد

طور تقنية التسلسل ليرى مدى احتمالية أن تدل صفة معينة عند شخص ما على وجود غيرها. على سبيل المثال، هل يمكن استخدام طول الذراع في توقع طول الشخص؟

> **أينما تكون قادرًا، قم بقياس وحصر ما حولك.**
> **فرنسيس جولتون**

أما عن أكثر أفكار جولتون إثارة للجدل، فكانت عن العلاقة بين الوراثة والبيئة في تحديد أشياء مثل الذكاء. على العكس من جون لوك (١٦٨٩)، الذي اعتقد أن كل شيء في عقولنا يأتي من التجربة وأن عقل الطفل يكون عبارة عن "صفحة بيضاء"، كان جولتون مقتنعًا (معتمدًا على دراسته للتوائم المتماثلة) أن كثيرًا من القدرات (بما فيها القدرات العقلية) متوارثة. حتى أن نسبه قد أوضح ذلك على ما يبدو. وقد وضع جولتون "قانون الوراثة" الذي مفاده أن ربع قدرات الطفل يرثها من الأبوين في حين يورث الأجداد سائر تلك القدرات.

ما زال الجدال "عن الطبع مقابل التطبع" قائمًا حتى الآن. وقد تمثلت فكرة جولتون في أن الطبع يعد أكثر أهمية من التطبع، وقد أوضح ذلك في كتابه Hereditary Genius عام ١٨٦٩، الذي أدى به إلى التطرق إلى علم تحسين النسل، مما تسبب في وضعه في مكانة سيئة لم يستطع أن يتخلص منها أبدًا.

إسهامات دمتري مندلييف في مجال ترتيب العناصر

١٨٦٩

من المؤكد أن أي شخص درس العلوم في المدرسة قد سمع بالجدول الدوري للعناصر. وربما تتذكر أنه كان يجب عليك حفظ الأجزاء الأولى منه، وربما أيضًا اسم مخترعه دمتري مندلييف أحد الروس القلائل الذين ظهروا في مجال العلوم حتى الآن.

في الوقت الذي حقق فيه اكتشافه العظيم، كان دمتري مندلييف يعمل أستاذًا في جامعة سان بيترسبورج. ولد دمتري مندلييف في سيبيريا وأصبح يتيمًا وهو في سن صغيرة، وكان

من المعروف عنه أنه معلم بارز. ويعد كتاب الكيمياء الدراسي الذي أصدره عام ١٨٦٩ وقدم فيه الجدول الدوري من أفضل الكتب مبيعًا على مدى عقود. وكانت له اهتمامات كثيرة؛ ففي الفترة التالية في حياته عمل مديرًا لمنظمة الأوزان والمقاييس في روسيا، وكان له دور رئيسي في البحث عن البترول والغاز.

قبل ظهور مندلييف بجدوله الدوري للعناصر، حاول كثير من الناس ترتيب العناصر المعروفة - التي كانت في تزايد مستمر - في نمط مفيد. ومن بين هؤلاء، كان الألماني جوهان دوبرينر (١٨٢٩) والإنجليزي جون نيولاندس والألماني يوليوس ماير (١٨٦٤). فقد قاموا بترتيب العناصر وفقًا للوزن الذري لها وكانوا يبحثون عن نمط منظم وفقًا للخصائص الكيميائية أو حجم الذرات. فعل مندلييف الشيء نفسه، ولكنه اعتمد على "التكافؤ" كخاصية أساسية أو قوة الترابط الكيميائي (١٨٥٢).

وفقًا لمقياس التكافؤ، من الممكن ترتيب العناصر من واحد إلى أربعة. وبوضع التكافؤ مقابل الوزن الذري، وجد مندلييف أنه يرتفع وينخفض في شكل موجات تشبه إلى حد ما ثمانيات نيولاندس وفترات ماير. تشتمل السبع درجات المرتبة تبعًا للوزن الذري على العناصر من الليثيوم (تكافؤ ١) إلى الكربون (تكافؤ ٤) وحتى الفلور (تكافؤ ١). وسبع درجات أخرى تبدأ من الصوديوم (١) إلى السيليكون (٤) وحتى الكلور (١). أما الفترة التالية وما بعدها، فقد كانتا أكثر طولاً، ولكنهما ترتفعان وتنخفضان على غرار الفترتين الأولى والثانية في كل نهاية، حيث إن بهما الكثير من العناصر التي لها التكافؤ نفسه في المنتصف.

نشر مندلييف الجدول الدوري في عام ١٨٦٩. وكان يعتقد أن الفراغات الموجودة في الجدول تمثل عناصر سوف يتم اكتشافها فيما بعد. وعندما وجدت هذه العناصر في الواقع - حيث تم اكتشاف أولها في عام ١٨٧٥، اكتمل انتصار مندلييف.

الجدول الدوري للعناصر								
رقم المجموعة	الأولى	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة	السادسة	السابعة	الثامنة
	الفلزات القلوية	معادن "الأتربة القلوية"					الهالوجينا "مولدات الملح"	الغازات الخاملة أو النادرة أو النبيلة
التكافؤ المشترك	واحد	اثنان	ثلاثة	أربعة	ثلاثة أو خمسة	اثنان	واحد	صفر
الفترة الأولى	هيدروجين ١							هليوم ٢
الفترة الثانية	ليثيوم ٣	بريليوم ٤	بورون ٥	كربون ٦	نيتروجين ٧	أكسجين ٨	فلور ٩	نيون ١٠
الفترة الثالثة	صوديوم ١١	ماغنسيوم ١٢	ألومنيوم ١٣	سيليكون ١٤	فسفور ١٥	كبريت ١٦	كلور ١٧	أرجون ١٨
الفترة الرابعة	بوتاسيوم ١٩	كالسيوم ٢٠	جاليوم ٣١	جرمانيوم ٣٢	زرنيخ ٣٣	سيلينيوم ٣٤	بروم ٣٥	كريتون ٣٦
الفترة الخامسة	روبيديوم ٣٧	سترونشيوم ٣٨	إنديوم ٤٠	قصدير ٥٠	أنتيمون ٥١	تلوريوم ٥٢	يود ٣١	زينون ٥٤
الفترة السادسة	سيزيوم ٥٥	باريوم ٥٦	ثاليوم ٨١	رصاص ٨١	بزموث ٨٣	بولونيوم ٨٤	أستاتين ٨٥	رادون ٨٦
الفترة السابعة	فرنسيوم ٨٧	راديوم ٨٨						

في هذه النسخة المختصرة من الجدول، تم إدراج العناصر تبعًا للوزن الذري (عدد الإليكترونات التي تحتويها). وفي الجدول الكامل، توضع العناصر غير المدرجة هنا (مثل الفضة والذهب والحديد والنحاس واليورانيوم) بين المجموعتين الثانية والثالثة من الفترة الرابعة وما بعدها. وعادةً ما يكون للعناصر في المجموعة الواحدة خصائص متشابهة. فالعناصر الموجودة في الفترة الواحدة يكون فيها تغير منتظم في خصائصها بدءًا من الفلزات على اليسار وحتى اللافلزات على اليمين. فجميع المعادن التي تعلو البزموث وعدده الذري ٨٣، هي عناصر مشعة. ويشتمل الجدول على عديد من العناصر التي لا يعرفها مندلييف إلا أنه قد تم وضعها بدقة في نظامه بمجرد العثور عليها. من بين هذه العناصر الجاليوم وعدده الذري ٣١ والجرمانيوم وعدده الذري ٣٢. فقد توقع مندلييف كلا هذين العنصرين والغازات النادرة التي لم يتوقعها.

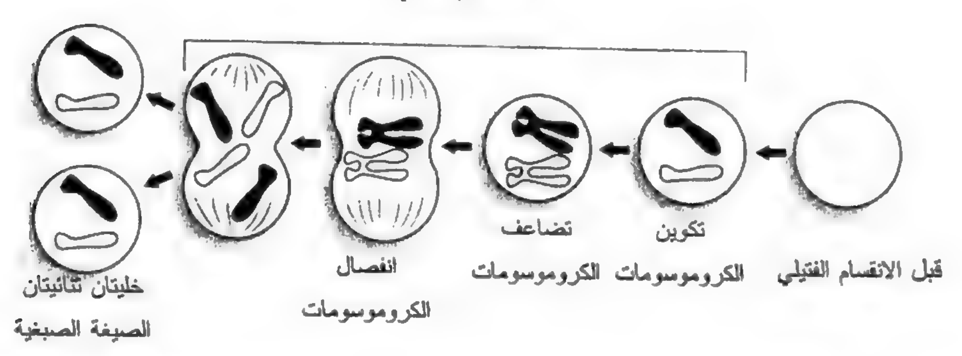
إسهامات جوهان ميشر ووولتر فليمينج في مجال دراسة نواة الخلية

١٨٦٩

كان عالم النبات الاسكتلندي روبرت براون (١٨٢٧) أول من رأى تلك البقعة الداكنة الدقيقة الموجودة داخل كل خلية نباتية (وخاصةً في نبات السحلبية الذي بدأ به) والتي أطلق عليها اسم النواة. وبعد ذلك بعشر سنوات أو أكثر، تم التوصل إلى نظرية "الخلية" (١٨٣٨). فجميع النباتات والحيوانات مكونة من خلايا، وجميع الخلايا بها نواة، والتي كان يعتقد أن لها دورًا مهمًا فيما تفعله الخلية.

لكن ما الذي كان موجودًا في النواة؟ وممّ تتكون؟ في بداية الأمر، كان يتم نقع الخلايا في المادة الكيميائية المكتشفة حديثًا في ذلك الوقت، ألا وهي البيبسين، والتي يتم إفرازها داخل بطانة معدة الحيوانات فتسرع من عملية هضم البروتينات الموجودة في الطعام. لقد اكتشف أن مادة البيبسين تعمل على تآكل الغشاء الموجود حول الخلية ومعظم المكونات (البروتوبلازما) وحتى الغشاء الموجود حول النواة، ولكن لم تتعرض محتوياته للتآكل. لذلك، فمهما كانت المادة التي بداخل النواة، فإنها لم تكن بروتينًا.

أما عن دور جوهان ميشر في هذا الصدد، فإنه يتضح في السطور التالية. كان من الممكن أن يتبع جوهان ميشر تقليد عائلته ويصبح طبيبًا، ولكنه أصيب بمرض التيفوس، مما تسبب في إصابته بصمم جزئي. فقد اعتقد أن هذا يعد عائقًا بالنسبة لأي طبيب، لذلك فقد اتجه لدراسة الكيمياء، وقدر له أن يترك بصمته بشكل مختلف. ففي عام ١٨٦٩، بينما كان لا يزال طالبًا جامعيًا في السنة النهائية، قام ميشر بفلق أكثر من نواة لبعض خلايا كرات الدم البيضاء (أتت من ضمادات المرضى في إحدى المستشفيات، حيث يتوفر بها الصديد الذي يحتوي على كرات الدم البيضاء). ونظرًا لأنه اكتشف أن تلك المادة الموجودة بداخل النواة يمكن أن تتحلل في محلول قلوي وليس في محلول حمضي، فقد أطلق عليها اسم "الحامض النووي".



قبل أن يبدأ الانقسام الفتيلي (الانقسام غير المباشر للخلية)، لا تكون الكروموسومات ظاهرة. وفي هذا الرسم التخطيطي (والذي يوضح نواة الخلية فقط)، ينتج زوج من الكروموسومات من الكروماتين فينقسما إلى جزأين متطابقين. ويتجه كل جزء من هذين الجزأين إلى أحد طرفي النواة، التي تنقسم بعد ذلك مكونة خليتين متطابقتين (ثنائيتي الصيغة الصبغية). تنقسم باقي الخلية في الوقت نفسه. أما في الانقسام الاختزالي (المنصف)، لا تنقسم الكروموسومات في البداية إلى جزأين متطابقين، لذلك تكون الخلايا الناتجة (أحادية الصيغة الصبغية) بها كروموسوم واحد فقط في كل زوج من الخلايا.

أما إذا ما قمنا بعمل إطلالة سريعة على العام ١٨٨٢، لنرى وولتر فليمينج الذي يحمل الجنسية نفسها مثل ميشر. فقد كان هو أيضًا حريصًا على مواصلة ما وجده روبرت براون ولكن كان من الصعب عليه أن يرى ما بداخل النواة. وكمحاولة منه لتوضيح الرؤية، قام بنقع بعض الخلايا النباتية في الصبغة الأرجوانية التي استخلصها الكيميائي الإنجليزي وليم بيركن من قطران الفحم (١٨٥٦). لقد كانت نتيجة ذلك رائعة. فقد امتصت النواة فقط هذه الصبغة، ولم تمتصها باقي الخلية. وبذلك ظهرت النواة بوضوح، وملونة جيدًا لدرجة أن فليمينج قام بتسمية المادة الكيميائية داخل النواة "كروماتين"، من الكلمة اليونانية التي تعني "لون".

رأى فليمينج من خلال المجهر العديد من الخلايا في أثناء عملية الانقسام إلى جزأين لكي تُكون خلية جديدة. وكان معروف جيدًا الآن أن "جميع الخلايا تتكاثر من الخلايا ذاتها" (١٨٣٨). كذلك، فقد حدث شيء على غير العادة في أثناء المشاهدة. فقد انبعثت الحياة في المادة الخاملة، ألا وهي الكروماتين، مكونة مجموعات تشبه الخيوط أُطلق عليها اسم كروموسومات (أي: الأجسام الملونة). وقبل الانقسام مباشرةً، تضاعف عدد المجموعات وانقسمت جميعها.

ونظرًا لانقسام الخلية، فإن مجموعات الكروموسومات تنقسم أيضًا ويُكون كل نصف منها خلية جديدة. بعد ذلك، تتلاشى الكروموسومات، وتعود مرة أخرى إلى كروماتين.

أطلق فليمينج على هذه العملية بأكملها "الانقسام الفتيلي" لنواة الخلية مشيرًا إلى مظهر الكروموسومات التي تشبه الخيط. ويحدث هذا في كل مرة تنقسم فيها الخلايا، مكونةً خليتين متطابقتين تحتوي كل منهما على مجموعة الكروموسومات نفسها.

لذلك، فإنه في أقل من عشر سنوات، تطور إدراكنا كثيرًا في هذا الصدد. فنواة الخلية تحتوي على الحامض النووي، ومادة "الكروماتين" داخل النواة من الممكن أن تكوّن كروموسومات. ولذلك، فإنه من المنطقي التصريح بوجود حامض نووي في الكروموسومات، وأن كثيرًا من الحامض النووي قد تكوّن سريعًا عند انقسام الخلية. ولكن، ما الفائدة من هذا كله؟

آراء تشارلز داروين عن أصل الإنسان

١٨٧١

كان إصدار كتاب The Origin of Species في عام ١٨٥٩، وما به من أدلة قاطعة ومقدمة جذابة، كافيًا لإقناع معظم علماء الأحياء أن تشارلز داروين ومن صاحبوه في رحلاته البحثية يسيرون على الطريق الصحيح. فقد حدث التطور البيولوجي - بناءً على آرائهم - ببطء وعلى مدى فترات طويلة من الزمن. وأتى كثير من الفصائل نتيجة للصراع من أجل البقاء. ولكن، لم يتفق العالم على مثل هذه الآراء في ذلك الوقت. فقد كان لويس أجاسي (١٨٥١) أحد النقاد الصرحاء القاسيين ينتقدها بقوة، كذلك فقد شاركه هذا النقد الكثير والكثير. واستمر الجدال حول كيفية حدوث الانتخاب الطبيعي ولم ينته إلا عند اكتشاف "الطفرات الجينية" (١٩٠١). في الوقت نفسه، كانت هناك جماعة قوية وبارزة من أصدقاء وأتباع داروين، مثل تشارلز ليل وتوماس هكسلي (وكان يُعرف أيضًا برفيق داروين)، قامت بالدفاع عن داروين في المجتمع؛ حيث إنه لم يكن قادرًا على فعل ذلك بنفسه نظرًا لمرضه وتحفظه في الكلام.

يجب علينا، مهما كان، أن نعترف أنه على الرغم من كل الصفات النبيلة التي يتمتع بها الإنسان على ما يبدو، فإنه ما زال يحمل في جسده علامة على أصله الوضيع لا يستطيع محوها.

تشارلز داروين

اعترض بعض الناس على آراء داروين بناءً على أسس دينية. فقد بدا أن عالم داروين البيولوجي كان يعتمد كليةً على المصادفة والعشوائية، فلا يوجد فيه مكان للخالق أو المشيئة الإلهية. وقد جاهد كثير من العلماء للتوفيق بين الدليلين المتعارضين، من "كتاب الطبيعة" و"الكتاب المقدس"، على أشياء مثل عمر الأرض وحقيقة طوفان سيدنا نوح. وقبل التوصل إلى نتيجة – كما فعل داروين – فإن أفضل تفسير لما يحدث في الطبيعة موجود في الطبيعة نفسها. وأنهى داروين حياته ملحدًا بعد أن كان في شبابه متدينًا وورعًا.

لقد كان الخلاف مع رجال الدين في ذلك الوقت يشتد في بعض الأحيان، وخاصةً عندما وضع داروين السلالة البشرية في الصورة التطورية في كتابه The Descent of Man الذي تم نشره في عام ١٨٧١.

في ذلك الوقت، فقد رجال الدين أية قوة حقيقية للتأثير على تقدم العلم. فقبل ذلك تم إصدار حكم بإعدام جيوردانو برونو ومايكل سيرفيتوس حرقًا، وتم فرض رقابة مشددة على كوبرنيكس، وتم الحكم على جاليليو بالسجن في مسكنه، وتم حرق كتب بوفون. أما الآن، فقد تم تحديد كل من دور الدين ودور العلم كل على حدة بمزيد من الوضوح. فقد كان من المحتمل حدوث صراع فقط عندما يبالغ أحد الطرفين في الادعاء.

	الطيف الكهرومغناطيسي																		
		١ كيلو متر			١ متر			١ مليمتر			١ ميكرو متر			١ نانو متر			١ بيكو متر		
طول الموجة (بالمتر)	$١٠^{٤}$	$١٠^{٣}$	$١٠^{٢}$	١٠	١	$١٠^{-١}$	$١٠^{-٢}$	$١٠^{-٣}$	$١٠^{-٤}$	$١٠^{-٥}$	$١٠^{-٦}$	$١٠^{-٧}$	$١٠^{-٨}$	$١٠^{-٩}$	$١٠^{-١٠}$	$١٠^{-١١}$	$١٠^{-١٢}$	$١٠^{-١٣}$	$١٠^{-١٤}$
نوع الإشعاع	الموجات الإشعاعية				الموجات الدقيقة			الأشعة تحت الحمراء			الضوء	الأشعة فوق البنفسجية		أشعة إكس		أشعة جاما			
كيفية حدوثها	تغيير التيارات الكهربية				شحنات كهربائية متزايدة			بواسطة ذبذبة الذرات أو انتقال الإليكترون داخل الذرات			انتقال الإليكترون داخل الذرات	انتقال الإليكترون داخل الذرات		تصطدم الإليكترونات ذات السرعات العالية بالهدف الصلب. غازات ساخنة جدًا		تغير الطاقة داخل نوى الذرات (الذرات الإشعاعية). أحداث متعلقة بالفيزياء الفلكية			
تأثيرها على المادة	حث التيارات الكهربية							تسبب الحرارة.			يزيد من عملية التمثيل الضوئي.	التأين تسبب بعض التفاعلات الكيميائية. تعمل على تحليل المركبات.		التأين تعرض شرائح ضوئية.		تحت النشاط الإشعاعي.			
تأثيرها على جسم الإنسان	لم يتم إثبات أي تأثير لها.							موجات أقصر طولاً تظهر كحرارة على الجلد			يمكن اكتشافه بالعين	الإصابة بسفعة شمس. سرطان بالجلد تكوين فيتامين (د) تكوين مياه زرقاء على العين		حدوث تلف بالأنسجة حدوث طفرات جينية الإصابة بالسرطان		حدوث طفرات جينية			
المكتشف	هاينريتش هيرتز (١٨٨٨)							وليم هيرشل (١٨٠٠)			تم اكتشافه منذ القدم.	جوهان ريتر (١٨٠٢)		ولهلم رونتجن (١٨٩٥)		بول فيلارد (١٩٠٠)			

من المكن تكوين أنواع كثيرة من الأشعة الكهرومغناطيسية (ابتداءً من الموجات الدقيقة وحتى أشعة إكس) عندما تشتبك الإليكترونات النشطة بالمجالات المغناطيسية (الإشعاع السنكروتروني)

إسهامات جيمس كلارك ماكسويل في مجال الضوء

١٨٧١

أصبح ماكسويل أحد عباقرة عصره، وكانت عبقريته في التعرف على طبيعة الضوء هي أبرز إنجاز علمي في القرن. ففي عام ١٨٧١، قامت جامعة كامبريدج بتأسيس أحد المعامل الشهيرة، ألا وهو معمل كافندش تحت قيادة كل من اللورد رايلي وجوزيف جون طومسون وأرنست رذرفورد. وتأكيدًا لتميزه وتفوقه، تم تعيين ماكسويل كأول أستاذ ومدير لهذا المعمل. وقد كان هنري كافندش (١٧٦٦) العبقرية الفذة في القرن الثامن عشر أحد أفراد عائلة كافندش (دوقات ديفون شاير)، التي كانت تتعهد هذا المعمل بالإشراف عليه ورعايته. وبعد أن قام ماكسويل بتحرير وتفسير الأبحاث التي حظيت بالإعجاب والتقدير على مدى ما يقرب من ٢٠٠ سنة، أصبح قادرًا لأول مرة في ذلك الوقت على أن يعرف كم الجهد الذي بذله كافندش في هذا الصدد.

استكمالاً لأعمال الآخرين في هذا المجال، أوضح كل من مايكل فاراداي داخل المعهد الملكي في لندن وجوزيف هنري في الولايات المتحدة الأمريكية (١٨٣١) أن الكهرباء وثيقة الصلة بالمغناطيسية. وليس فقط التيار الكهربي هو القادر على العمل كمغناطيس (١٨٢٠)، بل إن المغناطيس المتحرك أيضًا يمكنه أن يساعد في سريان التيار الكهربي. ولشرح هذا، اتجه فاراداي إلى فكرة "المجال"، وهو عبارة عن منطقة التأثير المحيطة بمغناطيس أو شحنة كهربائية والتي يتأثر بها أي مغناطيس آخر أو شحنة كهربائية أخرى متى وجد فيها. ومن ثم، عمل المجال المغناطيسي المتغير على توليد مجال كهربائي (وتسبب أيضًا في سريان التيار الكهربي داخل السلك)، وبالمثل عمل المجال الكهربائي المتغير على توليد مجال مغناطيسي.

> **إن قوانين المادة الوحيدة هي تلك القوانين التي يجب أن تعمل عقولنا على صياغتها. وكذلك، فإن قوانين العقل الوحيدة هي تلك القوانين التي عملت المادة على صياغتها من أجله.**
>
> **جيمس كلارك ماكسويل**

لقد كان ماكسويل رياضيًا بارعًا. فعند قيامه بتدوين العلاقات القائمة بين المجالين المغناطيسي والكهربائي في شكل معادلات، لاحظ نتيجة لافتة للانتباه. فقد وجد أنه في ظل ظروف معينة، يكون بإمكان التفاعل، الذي يحدث نتيجة للتبادل بين المجالين الكهربائي والمغناطيسي، أن يولد نوعًا من الموجات لديه القدرة على حمل الطاقة عبر الفراغ. كذلك، فقد أوضح ماكسويل أن سرعة الموجات التي توقعها قد اعتمدت على بعض الأرقام التي يعرفها علماء الفيزياء جيدًا؛ وهي عبارة عن تلك الأرقام التي تمثل سهولة انتشار المجالين الكهربائي والمغناطيسي في الفراغ. وقام بوضع تلك الأرقام داخل حساباته لتصبح السرعة ٣٠٠٠٠٠ كيلو متر في الثانية، وهي سرعة معروفة مثل سرعة الضوء المحددة بدقة (عام ١٦٧٦ و١٧٢٩ و١٨٤٩). وكان المعنى الضمني لهذا رائعًا. فالضوء (الأشعة تحت الحمراء والأشعة فوق البنفسجية بالإضافة إلى الأشعة المرئية) عبارة عن "موجة كهرومغناطيسية" تنشر تأثيرها خلال مجالين كهربائي ومغناطيسي مرتبطين، وتتذبذب في الوقت ذاته.

أخيرًا، يمكننا الآن التأكد من كيفية عمل الضوء، ناهيك عن أن هناك ما هو أكثر من ذلك. فقد توقع ماكسويل بعد نشر نظريته عام ١٨٧١، أنه من الممكن أن تكون هناك صور أخرى لهذا "الإشعاع الكهرومغناطيسي" قد تتولد عن الشحنات الكهربائية التي تتحرك بسرعة، في الشرار مثلاً. وقد أوضح اكتشاف هذه الموجات بعد أقل من عشرين عامًا (١٨٨٨) مدى رجاحة عقلية ماكسويل.

إكمال الفراغات في الجدول الدوري للعناصر

١٨٧٥

كان الجدول الدوري للعناصر الذي وضعه دمتري مندلييف، والذي نشر لأول مرة عام ١٨٦٩، وثيقة مثيرة للدهشة. فهو لم يقتصر على إدراج العناصر الكيميائية المعروفة، والتي كان عددها حوالي ٦٠ عنصرًا، ولكنه أيضًا توقع وجود بعض العناصر الأخرى غير المعروفة حتى عصره؛ الأمر الذي يعد أنجح من أي إنجاز حتى الآن. والدليل على ذلك وجود تلك الفراغات في الجدول التي يجب أن يتم استكمالها بعنصر ما، ولكن لم يكن هناك عنصر معروف يلائمها. ومن خلال خصائص العناصر التي تحيط بالفراغات الموجودة في الجدول، توقع مندلييف الكيفية التي توجد عليها تلك العناصر المفقودة.

تجدر الإشارة هنا إلى أنه لم يتحرك أحد على الفور ليبحث عن هذه العناصر؛ فقد عُثر على معظمها صدفة. ففي عام ١٨٧٥، وجد كيميائي فرنسي ما يبدو وكأنه عنصر جديد داخل بعض خام الزنك. فساوره الشك بصدد كونه جديدًا نظرًا لأنه عندما قام بفحص هذا العنصر باستخدام المطياف، وجد أن الطيف المنبعث منه لا يشبه أي عنصر آخر معروف. فأطلق عليه المكتشف اسم عنصر "جاليوم" تيمنًا باسم وطنه؛ حيث كان يُطلق على فرنسا قديمًا اسم "جول". من ناحية أخرى، كان مندلييف أسرع في معرفة أن الجاليوم له خصائص مثل العنصر الذي قال إنه يجب أن يضعه تحت عنصر الألومنيوم داخل الجدول، والذي أطلق عليه اسم إيكا ألومنيوم.

على مدار العامين التاليين، تم ملء فراغين آخرين في الجدول، أحدهما بالسكانديوم (عثر عليه كيميائي سويدي)، والآخر بالجرمانيوم (اكتشفه ألماني). وكان لهذين العنصرين الخصائص نفسها التي توقعها مندلييف لعنصري الإيكا بورون والإيكا سيليكون. والغريب في الأمر، أن العناصر الثلاثة الجديدة تمت تسميتها بأسماء جغرافية. فبسبب كونها عناصر، ثمة الكثير والكثير الذي سيظهر من وراء استخدامها. فعلى سبيل المثال، أصبح للجرمانيوم والجاليوم اليوم فائدة عظيمة في صناعة الرقائق الخاصة بالكمبيوتر.

بسبب هذا التوافق الشديد بين الحقيقة والتوقعات، يساور القليل من الأشخاص الآن الشك في صحة ما فعله مندلييف. فقد كان جدوله قابلاً لأن يشتمل على "الغازات النادرة " عندما اكتشفها الإنجليزيان اللورد رايلي ووليم رمزي (١٨٩٨). وتسببت تلك المجموعة من العناصر التي ظهرت فجأة في أن يصبح الجدول الدوري ثمانية أعمدة (أو "مجموعات") بدلاً من سبعة.

إسهامات روبرت كوخ في مجال البحث عن الميكروبات

١٨٧٦

بمجرد أن ظهر الطبيب الألماني روبرت كوخ في حوالي عام ١٨٧٠، كان معاصره الفرنسي الشهير لويس باستور (١٨٦٢) قد نجح في أول معاركه في موضوع "نظرية جراثيم" الأمراض. وقد كانت الأدلة تشير إلى أن الكثير من الأمراض، إن لم يكن معظمها، تتسبب في الإصابة بها كائنات حية دقيقة للغاية، والمعروفة الآن بالميكروبات أو البكتريا. الأمر الذي أكد ما صرح به النمساوي ماركوس بلينسيز عام ١٧٦٢ والإيطالي جيرولامو فراكاستورو قبل ذلك بأكثر من ٢٠٠ سنة (١٥٤٦).

على الرغم من أن كوخ كان في ذلك الوقت يعمل مسئولاً صحيًا في منطقة ريفية، فقد كان لديه وقت لإجراء الأبحاث على مرض الجمرة الخبيثة، الذي عانت منه الحيوانات ومن الممكن أن ينتقل إلى الإنسان. وتأثرًا بأفكار باستور، وجد أشخاص آخرون كائنات مجهرية تشبه الأعواد ("البكتريا العصوية") تعيش في دم الحيوان المصاب. وباستخدام المجهر، عرف كوخ أن تلك البكتريا العصوية هي السبب وراء الإصابة بالمرض. فتم وضع عينات من دم الحيوانات التي نفقت من جراء الإصابة بمرض الجمرة الخبيثة في الجروح الموجودة على جلد الفئران. وقد كانت عينات هذا الدم تحتوي على الميكروب المشتبه به. فماتت الفئران سريعًا نتيجة للإصابة بالمرض، أما الفئران التي تم حقنها بدم من حيوانات صحيحة (دم خالٍ من البكتريا العصوية لمرض الجمرة الخبيثة) فإنها لم تمت.

لكن كوخ لم يقتنع تمامًا بذلك؛ فمن الممكن أن يكون المرض قد انتشر نتيجة لأي شيء آخر في الدم. لذلك، قام بتطوير "عملية زرع البكتريا" من خلال العديد من الأجيال البعيدة قدر الإمكان عن أي مصدر آخر للتلوث. وعلى الرغم من أن الكائنات الدقيقة لم يسبق وأن احتكت بحيوان مصاب بشكل مباشر، فلا يزال بإمكانها أن تنشر المرض، وذلك كما أوضحت الاختبارات التي أجريت على الفئران. وتم التأكد من الحالة التي ظهرت، ولكن لم يتم قبول نتائج كوخ إلا في عام ١٨٨٦ عندما اكتشف باستور لقاحًا ضد مرض الجمرة الخبيثة.

ليس هناك شك في أن كوخ قد استطاع أن يضيف إلى إنجازاته في هذا الصدد بالتعرف على الميكروبات التي تسبب الإصابة بالأمراض الأخرى، بما فيها مرض السل والكوليرا وتسمم الدم. فقد تسبب مرض السل في وفاة شخص واحد من بين كل سبعة أشخاص في أوروبا في ذلك الوقت. وتم تقدير عمل كوخ كعمل بالغ الأهمية بمنحه جائزة نوبل في مجال الطب عام ١٩٠٥.

قام كوخ بتطوير أساليب إبداعية وفعالة لفصل وزراعة أنواع مختلفة من البكتريا. وقام بصياغة مسلمات كوخ؛ حيث إنه من الضروري وجود دليل لإثبات أن كائنًا حيًا هو "سبب" الإصابة بأحد الأمراض. فقد كان من اللازم أن يتم العثور على الكائن الحي المسبب للمرض في جميع حالات الإصابة التي يتم فحصها؛ ويجب أن يظل ذلك الكائن الحي المسبب للمرض قادرًا على أن يكون سببًا للإصابة بالمرض حتى بعد عدة أجيال في الزراعة.

واعتمادًا على أساليب ومسلمات كوخ، قام تلاميذ كوخ بتحديد الجراثيم التي تسبب الإصابة بأمراض مثل الدفتريا والتيفود والطاعون الدملي والتيتانوس والزهري والالتهاب الرئوي. وبذلك، استمر تأثير كوخ بعد وفاته في عام ١٩١٠.

تأثير اقتراب كوكب المريخ من الأرض

١٨٧٧

عادةً ما يقترب كوكب المريخ، المعروف باسم الكوكب الأحمر، من الأرض كل سنتين. ولكن، في عام ١٨٧٧ اقترب أكثر من معدله الطبيعي، مما منح ذلك الفرصة للكثيرين للاستمتاع بمشاهدته وهو يقترب من الأرض. فتم إعداد أفضل التليسكوبات تأهبًا لرؤية أي شيء يمكن أن يكشف عنه هذا الاقتراب.

تم إعلان نتيجتين رئيستين بعد اقتراب المريخ من الأرض. ففي إيطاليا، اندهش جيوفاني شياباريلي عندما كانت الرؤية ثابتة بدرجة كافية، حيث استطاع رؤية خطوط معتمة رفيعة على سطح المريخ، أطلق عليها "قنوات". وكان من الممكن أن يهدأ الأمر إذا لم يكن عالم الفضاء الأمريكي برسيفال لوويل قد ركز على ما قاله شياباريلي (والملاحظات)، حيث ادعى هو أيضًا قدرته على رؤية تلك "القنوات" وأنها قد تم حفرها بفعل فاعل. وقال إنه كانت هناك سلالة ذكية سكنت سطح المريخ ولكنها قد تعرضت للهلاك، وهي التي قامت ببناء هذه الشبكة الضخمة من القنوات لإحضار المياه من قطبي المريخ إلى الصحاري القاحلة. ولم يستطع أي شخص أن يرى أي شيء مثل هذا، ولكن بدا أن ذلك قد زاد من اقتناع لوويل بصحة ما قال.

أوضحت الأبحاث التالية، أن القنوات كانت من وحي خيال لوويل. وأثر ذلك بشكل سلبي على سمعته على الرغم من أنه كان عالم فضاء له مكانته وهو الذي تنبأ بوجود الكوكب التاسع في المجموعة الشمسية، ألا وهو بلوتو، الذي تم العثور عليه عام ١٩٣٠ (وقد خرج بلوتو مؤخرًا من المجموعة الشمسية لتصبح ثمانية كواكب بدلاً من تسعة). وتلا ذلك توابع أدبية؛ فالحديث عن سكان المريخ في ذلك الوقت كان دافعًا أساسيًا للروائي الإنجليزي الشاب هربرت جورج ولز، الذي قام بتأليف The War of the Worlds بعدها بعقود قليلة.

أما النتيجة الأخرى، فكانت أكثر ثباتًا. فقد وجد عالم الفضاء الأمريكي إساف هول قمرين صغيرين يدوران حول المريخ؛ وتمت تسميتهما ديموس وفوبوس مثل اسمي الكلبين اللذين صحبا إله الحرب في المعركة، كما جاء في الأساطير القديمة. وقد تمت مشاهدة هذين القمرين عن قرب بمساعدة السفينة الفضائية؛ مما لا يدع مجالاً للشك في وجودهما. وبالنسبة لحجم المريخ، يعتبر حجم القمرين غاية في الصغر؛ فهما يشبهان إلى حد كبير الكويكبات (بياتزي ١٨٠١) التي تناثرت قريبًا من كوكب المريخ وجذبها إليه بفعل جاذبيته.

ثمة صلة أدبية أيضًا في هذا الصدد. فقبل أن يجد هول هذين القمرين بكثير، ذكر الروائي الإنجليزي جوناثان سويفت في روايته Gulliver's Travels أن للمريخ تابعين. ولكن ذلك كان مجرد تخمين. فلكوكب الأرض قمر واحد ولكوكب المشترى أربعة أقمار (على الأقل، أربعة عندما كتب سويفت روايته). لذلك، إذا كان من الممكن أن يكون للمريخ أقمار، فمن المناسب أن يكون له قمران اثنان، أي بين واحد وأربعة. كذلك، فقد توقع سويفت شيئًا آخر أكثر عجبًا وهو أن أحد القمرين يدور بسرعة أكبر من التي يدور بها الكوكب؛ ومن ثم، فإنه من الممكن أن يظهر وكأنه يشرق في الغرب ويغرب في الشرق. والغريب، أن هذا هو ما يحدث بالفعل.

إسهامات أرنست ماخ في علم الفيزياء

١٨٧٧

غالبًا ما يتم وضع عدد ماخ لحساب سرعة أية طائرة أو قذيفة؛ وهو يعني مقارنة سرعتها بسرعة الصوت في ظل الظروف نفسها. على سبيل المثال، يعبر الرقم ٢ بمقياس عدد ماخ عن ضعف سرعة الصوت. ويعتبر هذا الرقم إحدى الطرق التي نتذكر بها واحدًا من أكثر علماء القرن التاسع عشر تأثيرًا، ألا وهو أرنست ماخ الذي ولد في التشيك، وكان له العديد من الأعمال. فقد أدى به عمله في مجال القذائف في حوالي عام ١٨٧٧ إلى وضع المسلمات ثم اكتشافه للموجة الصدمية مخروطية الشكل التي تتولد عندما تتجاوز إحدى القذائف سرعة الصوت. وتم تخصيص المصطلح "الضجيج الصوتي" للضوضاء التي تنتج عنها والمصطلح" اختراق حاجز الصوت" للحدث نفسه.

بقدر شهرة هذا الاكتشاف، فإنه يعد أقل ما يمكن أن يقال عن العالم أرنست ماخ. ففي الوقت نفسه تقريبًا، تناول ماخ أحد أكثر الألغاز غموضًا في العلم والمتمثل في تلك الخاصية التي تسمى بالقصور الذاتي؛ وهي عبارة عن المقاومة الناشئة للتغيير الذي يحدث في حالة الحركة كما عرفها جاليليو لأول مرة عام (١٦٠٤). وقد قدم ماخ آراءه وأفكاره عن تلك الخاصية التي يتضح تفسيرها في "الكون". فمن وجهة نظره، جميع الأشياء في الكون تعمل على جذب بعضها البعض، حتى إذا كانت موجودة على مسافات بعيدة، ويُطلق على شبكة القوى التي تحقق الثبات اسم خاصية القصور الذاتي. بعد ذلك، تأثر ألبرت آينشتاين بهذه الفكرة بشكل كبير؛ فقد ساهمت تلك الفكرة في آرائه عن النظرية العامة للنسبية (١٩١٥) حيث إن المادة هي التي تتحكم في الفضاء كما أن وجود المادة في أي مكان يؤثر على حركة الأشياء في مكان آخر. لقد كان آينشتاين أول من يطلق على هذه الفكرة اسم "مبدأ ماخ".

انتهت مشكلة القصور الذاتي على يد الفيلسوف الإنجليزي جورج باركلي في أوائل القرن التاسع عشر، في لغز عُرف باسم "دلو باركلي". فإذا ما قمت بتعليق دلو من المياه في حبل ملفوف وتركته لكي يدور، فإنه بعد فترة، سيبدأ الماء أيضًا في الدوران مكونًا سطحًا مقعرًا. قم بإيقاف الدلو، وسيظل الماء في الدوران لفترة، محتفظًا بسطحه المقعر. لماذا ظل سطح المياه مقعرًا؟ ليس لذلك علاقة بالدلو؛ حيث إنه قد يتقعر بسبب الدلو أو بسبب أي شيء آخر. وكانت إجابة باركلي هي إجابة ماخ نفسها، فحركة الماء توازي الحركة في عالم النجوم البعيد (ذلك العالم الذي نضيف إليه الآن المجرات والنجوم البعيدة).

بالنسبة للعالم ماخ، فقد حققت هذه الفكرة عن القصور الذاتي معيارًا رئيسيًا لديه. فمن الضروري أن تكون النظريات العلمية بسيطة قدر الإمكان، ومجردة من جميع الإضافات غير المهمة ومبنية كليةً على الملاحظة. وما نطلق عليه "قوانين الطبيعة" عبارة عن ملخصات للملاحظات دائمًا ما تكون مبسطة لكي يتسنى لعقولنا استيعابها. وتلك القوانين دائمًا ما تهتم بالبشر أكثر من اهتمامها بالكون. وبما أن الأفكار لا تكون لها قيمة إلا إذا تم التحقق منها بالتجربة، فقد رفض ماخ بعض الأفكار مثل الحيز الزماني المكاني المطلق، وهي تلك الأفكار التي انجذب إليها العالم نيوتن (١٧١٦)، ناهيك عن فكرة وجود الذرات أيضًا.

جدير بالذكر أنه من أفكار ماخ جاءت النظرة العملية واقعية التفكير التي أطلق عليها اسم "الوضعية المنطقية".

كل عبارة في علم الفيزياء يجب أن تضع علاقات بين الكميات التي يمكن ملاحظتها.

أرنست ماخ

عدد ماخ

يقارن هذا العدد بين سرعة حركة المادة المائعة (سائل أو غاز) أو حركة جسم ما في مائع بسرعة الصوت نفسها في المائع. وإذا كان عدد ماخ أكبر من ١، فإنه يشير إلى سرعة فوق صوتية. وإذا كان أكبر من ٥، فإنه يشير إلى سرعة فرط صوتية.

كذلك، فقد أثر رفض ماخ للأمور المطلقة في آينشتاين أيضًا؛ حيث إنه أتاح الفرصة لنظريته النسبية الخاصة، والتي مفادها أن مقاييس الزمان والمكان والكتلة يمكن أن تتغير بسبب الحركة النسبية بين الملاحظ وما يقيسه (١٩٠٤). ومن ثم، فإنه لا يوجد شيء مطلق في الكون.

إسهامات لودفيك بولتزمان في إدراكه للانتروبيا

١٨٧٧

مثلت الانتروبيا شيئًا كبيرًا في حياة الفيزيائي النمساوي لودفيك بولتزمان. فقد أعد معادلة الانتروبيا لتكون محفورة على قبره. وعلى الرغم من أنه لم يستحدث الفكرة أو المصطلح (فقد قام الألماني رودولف كلاوسيوس بذلك عام ١٨٥٠)، فإنه أعطانا مفهومًا جديدًا لها.

الانتروبيا هي مقياس الفوضى أو مقياس نقص المعلومات. تذكر لوحة ليوناردو دافنشي الشهيرة "العشاء الأخير" التي تم رسمها على جدار حجرة الطعام في أحد أديرة ميلانو في إيطاليا. فعندما أكمل هذه اللوحة الجصية لأول مرة، كانت مليئة بالمعلومات، حيث تم وضع كل سنتيمتر من الألوان في ترتيب دقيق. ومع الأسف، تعرضت تلك اللوحة للتلف بشكل سيئ عبر السنين؛ فقد فقدت كثيرًا من التفاصيل الآن وبهتت الألوان بها، كما اختفى الترتيب والمعلومات، وزادت الفوضى. وفي النهاية ربما تختفي هذه اللوحة كليةً، مخلفةً وراءها جدارًا خاليًا، ليست عليه أية معلومات أو ترتيب، وبذلك تكون الانتروبيا قد وصلت إلى حدها الأقصى.

بفرض أن اللوحة كانت في الأصل مكونة من ملايين الأجزاء المنفصلة، فإنه كان من الممكن بدايةً أن تكون هناك طريقة واحدة فقط لترتيب الأجزاء حتى تبدو اللوحة صحيحة؛ حيث إن كل جزء كان من الممكن أن يختلف عن الآخر. كذلك، كان النظام سيبدو في حالة جيدة، وكانت نسبة الانتروبيا ستقل. وعندما تبهت ألوان تلك الأجزاء، كانت ستبدو جميعها متشابهة، وكان ومن الممكن أن تتبادل آماكنها مع بعضها البعض دون أن يتغير شكل اللوحة. أما الآن، فقد أصبح لدينا كثير من "الأوضاع"؛ حيث تزايدت الانتروبيا حتى وصلت إلى أقصى حد لها عندما أصبح الجدار خاليًا وأصبحت جميع الأجزاء وقتها متماثلة. ومن الممكن ترتيب الأجزاء تقريبًا بعدد لانهائي من الطرق، تاركة شكل الجدار كما هو. وفي لغة بولتزمان، هناك عدد كبير من "الأوضاع المتاحة" حيث تعكس معدلات الانتروبيا العالية في "ترتيب" الأجزاء تلك الأوضاع.

إن ما نتخيله قد حدث للوحة العشاء الأخير يحدث في العالم الطبيعي فعليًا. فاختفاء النظام وفقدان المعلومات يحدث دائمًا. وتبدو الزيادة في معدلات الانتروبيا كما لو كانت عالية – على الأقل في المفهوم العام – كما تتجه النظم الفيزيائية نحو انتظام الحرارة (التوازن الحراري). وتختفي الاختلافات وتنحدر المعلومات الثابتة. وتزداد الانتروبيا لا محالة؛ وبالتالي، يزداد خطر "الموت الحرارى للكون" (١٨٥٤).

قامت شخصيات قوية من العلماء الألمان بالسخرية من هذه الأفكار. وشكّل هذا الهجوم ضغطًا على بولتزمان فضلاً عن مرضه، مما أدى به إلى أن يشنق نفسه في عام ١٩٠٦ عندما

كان يقضي إجازته. ويحمل قبره في مدينة فيينا معادلة الانتروبيا، حيث تم وضعها في ذلك المكان الذي بدأت فيه الانتروبيا الخاصة به في الزيادة.

إسهامات ألفونس لافرا ورونالد روس في مجال مكافحة الأمراض

١٨٨٠

كان الطبيب الفرنسي ألفونس لافرا مولعًا بالعمل في مجال الطب. فقد كان كل من والده وجده أطباء. وعندما اندلعت الحرب بين فرنسا وبروسيا عام ١٨٧١، أصبح لافرا شرطي إسعاف في الجيش وبعد ذلك عمل كطبيب عسكري في الجزائر، وكانت هذه هي المرة الأولى التي يواجه فيها مرض الملاريا.

في عام ١٨٨٠، توصل لافرا إلى اكتشاف مهم. فقد كشف تشريح الجثث للعديد من مرضى الملاريا أن دمهم يحتوي على كائن حي وحيد الخلية يشبه "الحيوانات الدقيقة" التي رآها أنطوان فان لافنهوك منذ مائتي عام (١٦٧٣). ويُطلق على هذه الكائنات الآن اسم الأوليات والرغويات. ولكن دم ضحايا الأمراض الأخرى لم يحمل هذه الطفيليات؛ وبذلك، بدت الصلة واضحة.

لاقت فكرة لافرا بأن الطفيليات هي التي تسبب الملاريا الرفض في البداية؛ حيث كان لا يزال الهواء الملوث هو السبب في الإصابة بتلك الأمراض. ولكن، سرعان ما أيدته الأدلة الأخرى في هذا الصدد، وفي خلال عشر سنوات استطاع أن يثبت وجهة نظره. وقد كان عمل لافرا في مجال مكافحة الملاريا وبعض الأمراض الأخرى التي تسببها الأوليات، مثل "مرض النوم"، سببًا في أن يحصل على جائزة نوبل في الطب عام ١٩٠٧. وقد تبرع بنصف أموال هذه الجائزة لبناء الوحدة العلاجية الاستوائية في معهد باستور في باريس، والذي كان يموله عامة الشعب تقديرًا منهم لتمكن لويس باستور من القضاء على مرض الكلب (١٨٨٦).

إذا كانت الأوليات هي التي سببت الإصابة بمرض الملاريا، كيف وصلت إلى دم الضحية؟ لقد كان طبيب الجيش رونالد روس في ذلك الوقت قد قضى وقتًا في الهند حيث كان مرض الملاريا متفشيًا، لدرجة أنه عانى من الإصابة بهذا المرض شخصيًا. في البداية، تشكك رونالد روس في البعوض؛ فقد كان يوجد بوفرة في الأماكن التي تنتشر فيها الملاريا. وبسبب ما تعلمه من اكتشاف لافرا، قام بالبحث عن الطفيليات داخل البعوض. وكان ذلك في يوم أطلق عليه اسم "يوم البعوض" ٢٠ أغسطس ١٨٩٧، ووجد الطفيليات تعيش في معدة البعوض الذي أتيح له أن يمص دم إنسان مصاب بالملاريا. وبعد ذلك، وجدت تلك

الطفيليات في الغدد اللعابية للبعوض، مما أوضح الكيفية التي وصلت بها تلك الطفيليات إلى البشر الذين يلدغهم البعوض.

تمامًا مثل لافرا، حصل روس على جائزة نوبل في الطب (عام ١٩١١) على اكتشافه. وقد تمت الاستفادة بشكل كبير من هذين الاكتشافين في السيطرة على مرض الملاريا. ولكن الآن، وبعد أكثر من ١٠٠ سنة، لا يزال مرض الملاريا يشكل مشكلة صحية خطيرة في كثير من أنحاء العالم.

إسهامات توماس أديسون وتأثيره على العالم

١٨٨٢

غالبًا ما يمتدح الناس المخترع الأمريكي توماس أديسون بوصفه "الرجل الذي صنع المستقبل". وبالتأكيد، تعد قائمة الأجهزة والآلات التي اخترعها قائمة هائلة، بما فيها الفونوجراف والمصباح الكهربائي. ولقد كان رائدًا في إنتاج الكهرباء وتوزيعها وقام بتجربة الصور المتحركة. وخلال حياته، حصل على ما يزيد على ١٠٠٠ براءة اختراع. وربما يكون أعظم شيء تركه هو معمل البحث الصناعي الحديث، حيث تستطيع فرق الباحثين والمهندسين ابتكار وتطوير اختراعات مفيدة (ومربحة) بطريقة منهجية.

أما الذي ساعد في وجود مكانة أديسون في تاريخ العلم هو "تأثير أديسون"، والذي يمثل اختراعًا جاء مصادفةً في حوالي عام ١٨٨٢ وكان معتمدًا على مصباحه الكهربائي. ففي ذلك الوقت، تمثل التحدي الذي واجه أديسون في منع جزيئات الكربون من أن تسقط من الفتيلة المتوهجة للمصباح (والتي كانت تصنع من الورق المقوى المكربن في ذلك الوقت)؛ حيث كان يتسبب ذلك في تكوين اللون الأسود على السطح الداخلي لزجاج المصباح. واستخدم أديسون في مصباحه التيار المباشر؛ حيث يكون أحد طرفي فتيلة المصباح مشحونًا بشحنة موجبة والآخر مشحون بشحنة سالبة. ولاحظ أديسون أن معظم جزيئات الكربون تأتي على ما يبدو من الطرف السالب. وكان يتساءل ما إذا كانت هناك طريقة لمنع هاتين الشحنتين من الاصطدام بالزجاج الداخلي للمصباح. فقام بصناعة مصابيح كهربائية لها شريحة معدنية زائدة بداخلها. فربما يؤدي شحن هذه الشريحة المعدنية الزائدة بشحنة سالبة إلى أن تعود جزيئات الكربون حيث كانت. أما عندما تم شحن هذه الشريحة بشحنة موجبة، وجد

أديسون تيارًا بسيطًا ولكنه ثابت يخرج من الشريحة، ويبدو أنه يأتي من فتيلة المصباح من خلال الفراغ القريب داخل المصباح.

لقد كان أديسون مشغولاً بأمور أخرى في ذلك الوقت، منها إنشاء أول محطة توليد قوى كهربائية تجارية، في جنوب مدينة مانهاتن. وعلى الرغم من أنه قام بتسجيل اختراعه وعكف على مناقشته مع أصدقائه، فإنه لم يقم بفعل أي شيء آخر من أجله. في الحقيقة، ما كان يراه كان مماثلاً لأشعة كاثود التي كانت تستحوذ على تفكير العلماء في ألمانيا وإنجلترا (جايسلر ١٨٥٤). فقد تولد التيار الكهربي نتيجة لتدفق ما أُطلق عليها بعد ذلك الإليكترونات (١٨٩٧) التي تنبعث من فتيلة المصباح بفعل الحرارة. وقد تمت تسمية هذه الظاهرة باسم "الانبعاث الأيوني الحراري".

بالنسبة لتلك الظاهرة، فإنه لم يتطرق أحد لمناقشتها حتى بداية القرن العشرين عندما قام المهندس الإنجليزي أمبروس فليمينج بتعديل مصباح أديسون بإضافة شريحة أخرى في "الصمام الأول"، مما جعل التيار يمر في اتجاه واحد فقط. وبعد ذلك بعامين، قام الأمريكي لي دي فورست بإضافة شبكة سلكية بين الشرائح الأخرى لعمل صمام ثلاثي لزيادة التيارات. ومن هنا جاءت التكنولوجيا متزايدة التعقيد لـ "الإليكترونيات" التي قد ساهمت في تقدم الاتصالات في القرون التالية، حتى تم اختراع أشباه الموصلات والترانزستور.

إسهامات إيليا متشنيكوف واكتشافه لوظيفة كرات الدم البيضاء

١٨٨٢

نشأت إحدى النظريات المدهشة عن وظائف جسم الإنسان من أحد تلك المصادر الغريبة - ألا وهو قنديل البحر الصغير الذي أمسك به في يديه ذات يوم السياسي المتطرف الروسي إيليا متشنيكوف، بينما كان يتجول على شواطئ البحر المتوسط بالقرب من مسينا في جزيرة صقلية.

بينما كان يدرس اليرقات الشفافة لقنديل البحر تحت المجهر، لاحظ متشنيكوف (بصفته عالمًا للحيوان بالتدريب) وجود خلايا دقيقة للغاية داخله، كانت تبدو وكأنها تستطيع أن تتحرك في كل اتجاه داخل هذا المخلوق. وكانت تشبه كثيرًا كرات الدم البيضاء الموجودة بين كرات الدم الحمراء في دم الإنسان، ولكن وظيفتها لم تكن معروفة حتى ذلك

الوقت. وتساءل متشنيكوف عما إذا كانت الخلايا داخل قنديل البحر لها علاقة بعملية الهضم. فقام بوضع صبغة حمراء داخلها، وأخذ يشاهد تلك الخلايا الدقيقة وقد أحاطت بقطرات الصبغة وقضت عليها.

أدى ذلك الأمر إلى إثارة فكرة جوهرية متطرفة. بفرض أن كرات الدم البيضاء في جسم الإنسان تؤدي الوظيفة نفسها، فربما تكون وظيفتها الإحاطة بالأجسام الغريبة والقضاء عليها، مثل البكتريا التي تغزو الجسم مسببة الأمراض. ولاختبار هذا، قام متشنيكوف بغرز أشواك زهرة في جلد يرقات قنديل البحر. وفي خلال ساعات قليلة، تجمعت مئات كرات الدم البيضاء حول هذه الأشواك. وقد ظهر دليل أفضل من ذلك عندما قام بنقل عدوى إلى تلك اليرقات عن طريق البكتريا. وبعدها، عندما شاهد تلك اليرقات تحت المجهر، وجد متشنيكوف تجمع كرات الدم البيضاء حول البكتريا ثم القضاء عليها.

كان من الضروري أن يجد متشنيكوف اسمًا لهذه الظاهرة، فتوصل إلى صياغة مصطلح البلعمة (Phagocytosis) من الكلمة اليونانية التي تعني "الخلايا الآكلة". وهكذا، تعد هذه الطريقة واحدة من تلك الطرق التي يستطيع بها الجسم أن يدافع عن نفسه ضد الأمراض. كذلك، فقد قدمت تلك الظاهرة أيضًا تفسيرًا لوجود الصديد والغرض منه — وهو ذلك السائل الأبيض المليء بكرات الدم البيضاء والذي يتجمع حول الجروح. فكرات الدم البيضاء تتجمع لمنع البكتريا من دخول الجسم من خلال أي جرح في الجلد.

لقد كانت تلك النظرية مثيرة للجدل فيما يتعلق بفهمها، كما كان لها دليل منافس. فقد كان هناك دليل على أن هناك صورة أخرى للدفاع تنتشر في الدم، كنوع من "الخلط" (١٨٩١). ولكن لم يكن المقصود من هذا أن ما يحمي جسم الإنسان إما أن يكون هذا أو ذاك. ففي ذلك الوقت، كان من الواضح أن الجسم محمي من الأمراض بكلا نوعي الحماية. وتقاسم متشنيكوف مع بول إيرليخ جائزة نوبل في الطب لعام ١٩٠٨.

لقد كان للعالم متشنيكوف إسهامات أخرى، يعرفها الكثيرون الآن. فقد قال إن وجود بكتريا معينة في أمعاء الإنسان، وخاصةً تلك التي تفرز حمض اللكتيك، ضروري للتمتع بصحة جيدة. وهذه البكتريا تساعد على الهضم وتمنع الطعام من التخمر ومن إفراز المواد

الضارة. لقد اعتقد متشنيكوف أنها في الحقيقة تطيل العمر. جدير بالذكر أن الزبادي يمتلئ بمثل هذه البكتريا.

إسهامات سافنت أرنيوس في مجال الأيونات

١٨٨٤

عندما قام الطالب السويدي سافنت أرنيوس، البالغ من العمر خمسة وعشرون عامًا، بتسليم رسالة الدكتوراه المكونة من ١٥٠ صفحة عام ١٨٨٤، لم يستطع الأساتذة بجامعة أبسالا أن يفهموا الأمر بأكمله. وقد أساءوا فهم ما كان يريد قوله؛ لذلك، حصل على أقل الدرجات الممكنة. واتضح مدى خطأهم في عام ١٩٠٣، عندما حصل أرنيوس على جائزة نوبل في الكيمياء على النظرية نفسها التي رفضها ممتحنوه منذ ٢٠ سنة.

قدم أرنيوس شرحًا لماذا يسمح الماء بمرور التيار الكهربي من خلاله عند مزجه بالقليل من الملح أو الحمض، بينما لا تسمح المياه النقية بهذا. وفي الحقيقة لم تكن فكرته جديدة. فقبل ذلك بأربعين سنة، قام مايكل فاراداي بابتكار كلمة "أيون" للجزيئات الافتراضية التي لها شحنة كهربائية تمر خلال سائل موصل (محلول كهربائي)، مما يتسبب بشكل فعال في تكوين تيار كهربي (١٨٣٤). ولكن فاراداي لم يفكر حقًا في حقيقة وجود هذه الجزيئات أم لا (فقد كان يتشكك في الذرات أيضًا)، وإذا كانت موجودة، فإنما كانت مجرد محاولة لتمرير التيار الذي كونها.

أما أرنيوس فقد فكر بطريقة مختلفة. فقال إنه إذا كان ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) يذوب في الماء، فإن كل جزيء ينقسم إلى جزء مشحون بشحنة موجبة (أيون الصوديوم) وجزء مشحون بشحنة سالبة (أيون الكلور). وفي حالة عدم كونهما في محلول (أو إذابتهما فيه). فإن جزيئات الملح تتجمع مع بعضها البعض بفعل جذب الأيونين مختلفي الشحنة لبعضهما. ومرة أخرى لم تكن هذه فكرة جديدة؛ فقد صرح جونس برزيليوس ومن قبله همفري دايفي (١٨٠٧) أن الجزيئات لها أجزاء سالبة وأجزاء موجبة، ولكن الفكرة قد أهملت كليةً – مما تسبب في عدم فهم أساتذة أرنيوس له.

كدليل على هذا، أثبت أرنيوس أن محلول الملح يغلي في درجة حرارة أعلى من التي يغلي فيها الماء النقي، وكذلك تعتبر درجة تجمده أقل. وهذا هو ما يمكن توقعه كنتيجة لوجود جزيئات إضافية نتجت عن انقسام الجزيئات (وانفصالها). ومن ثم، فقد أوضح هذا أن الذرات المشحونة كانت حقيقية، وأنها كانت موجودة طوال الوقت.

يطلق على هذه الفكرة الآن اسم "النظرية الأيونية". فعلى سبيل المثال، تطلق جميع الأحماض الموجودة في المحلول المخفف أيونات هيدروجين مشحونة بشحنة موجبة، ويظل باقي الجزيء مكونًا أيونًا سالبًا. وهذه الأيونات الهيدروجينية هي التي تعطي الأحماض خصائصها المميزة لها (مذاقها الحمضي وتغيير لون ورقة عباد الشمس إلى اللون الأحمر وإطلاقها للهيدروجين عند تفاعلها مع المعادن). في الحمض القوي (مثل حمض الكبريتيك)، تنقسم جميع الجزيئات تقريبًا إلى أيونات، بينما في الحمض الضعيف (مثل حمض الستريك في عصير الليمون) ينقسم القليل منها. وبما أن جزيئات الماء لا تنقسم إلى أيونات، فإنها ترتبط مع بعضها بشكل آخر (بولينج ١٩٢٨).

لحسن حظ أرنيوس، فهمه الباحثون في الدول الأخرى بشكل أفضل وسرعان ما عرضت عليه وظائف وفرص للسفر. لقد كان رفاقه السويديون أبطأ في قبول نظرياته، ولكن نجاحه في عمله لم يتراجع إلى الوراء أبدًا. فقد كان عقله نشيطًا للغاية؛ فبمجرد أن تم قبول نظريته الأيونية، اتجه إلى التفكير في أصل العصور الجليدية (ظاهرة الصوبة الزجاجية ١٨٩٥)، كما تساءل فيما إذا كانت الحياة قد انتشرت من كوكب لكوكب عن طريق جراثيم لها القدرة على الاحتمال والانتقال عبر الفضاء (فكرة انتشار الجراثيم – مذنب إنك ١٨٢٢). وقد كان لديه القدرة على التحدث عن العلم لغير العلماء.

اكتشاف أميل فيشر للسكريات والبروتينات والإنزيمات

١٨٨٤

كان والد أميل فيشر يدير عملاً ناجحًا للأخشاب في ألمانيا وكان يعتقد أن ابنه الماهر سوف ينضم إلى شركة العائلة. ولكن الشاب فيشر لم يحرص على ذلك وأراد أن يدرس العلم، وكان ذكيًا بدرجة تكفي لكي يصبح كيميائيًا.

من الواضح أن هذا الاختيار كان موفقًا؛ فقد أصبح له حياة مهنية ناجحة تزيد على ٤٠ سنة، اختتمها فيشر بحصوله على جائزة نوبل عام ١٩٠٢. ويكمن تراثه الحقيقي في فهمه لكيفية تجمع العديد من المواد الكيميائية المركبة التي تتكون منها الكائنات الحية وتعمل على إفرازها أيضًا. وقد أوضحت التجارب (بيرتوليه ١٨٤٥) بالفعل أن للأنواع الرئيسية للبروتينات والكربوهيدرات والدهون من الممكن أن تتحلل إلى وحدات أصغر – أحماض أمينية وسكريات بسيطة وأحماض دهنية على الترتيب – ومن الممكن أن تتجمع مرةً أخرى لتكون الجزيئات الرئيسية الكبيرة. فالطبيعة دائمًا ما تقوم بعمل ذلك طوال الوقت.

في عام ١٨٨٤، بدأ فيشر العمل في مجال السكريات. وسرعان ما أصبح قادرًا على تحديد التغييرات بين السكريات البسيطة شديدة الارتباط ببعضها مثل الجلوكوز والمنوز والفركتوز. فقد بدا أن الجلوكوز هو أبسطها، فبعض السكريات الأخرى كانت قد تكونت عن طريق ارتباط وحدات مختلفة من الجلوكوز مع بعضها البعض. وربما كان ذلك ينطبق على جميع الكربوهيدرات – بما يتضمن ذلك النشا والسليلوز – وهي المادة الأساسية في بناء النباتات.

كذلك، فقد اكتشف فيشر أيضًا أن جزيئات الأحماض الأمينية في البروتينات ترتبط مع بعضها من خلال روابط "ببتيد". ويجتمع عدد من الأحماض الأمينية بهذه الطريقة مكونًا روابط متعددة الببتيد. يترتب عدد من هذه الروابط ويرتبط بطريقة مناسبة لتكوين بروتين كامل مثل الهيموجلوبين في كرات الدم الحمراء والكازيين في اللبن. ويرجع مصطلح الببتيد إلى مادة الببسين، وهي تلك المادة الكيميائية الموجودة في العصائر المساعدة على الهضم وتقوم بتفكيك هذه الروابط وفصل الأحماض الأمينية.

أما مادة الببسين، فهي عبارة عن أحد البروتينات المحفزة، التي عرفها جونس برزيليوس (١٨٤٨) كما يلي: هي عبارة عن المركبات التي تزيد من سرعة التفاعلات الكيميائية دون أن يتم نفادها. وفي وقت ما، كانت مادة الببسين والمواد الكيميائية الأخرى المشابهة لها يطلق عليها اسم "الخميرة القابلة للذوبان" ولكنها بعد ذلك اكتسبت الاسم "إنزيمات" من المعنى اليوناني المشير إلى التخمر. يُطلق على أحد هذه الإنزيمات اسم خميرة "الزيميز" وهي تستخرج من خميرة الخبازين التي تساعد السكر والنشا في العجين على التفكك قليلاً، بالإضافة إلى إطلاق ثاني أكسيد الكربون الذي يسبب ازدياد حجم الخبز.

لقد كان فيشر هو أول من اكتشف كيفية عمل هذه الإنزيمات في حوالي عام ١٨٩٤. ولجزيئات الإنزيم شكل خاص يلائم المواد الكيميائية المختلفة الداخلة في التفاعل، كما يساعد بدوره على التفاعل. ولذلك، يحتاج كل تفاعل إلى الإنزيم الخاص به. فالإنزيمات تزيد من سرعة التفاعلات مئات أو آلاف المرات، لتعمل بسرعة كافية للحفاظ على حياة الكائنات.

إسهامات أوسكار هيدفيج وأوجست وايسمان في مجال علم الوراثة

١٨٨٤

من الصعب تحديد التاريخ الذي فكر فيه أحد الأشخاص لأول مرة كيف يدل أحد أجيال الحيوانات أو النباتات على شكل الجيل الذي يليه وتصرفاته. فقد استغرقت هذه الفكرة سنوات عديدة واشترك فيها الكثير من الأشخاص. ولكن، في نهاية القرن التاسع عشر، أصبح لدينا فكرة جيدة عن الصورة بأكملها، حتى إن لم تكن مصحوبة بالتفاصيل.

ربما كان كارل فون ناجيلي هو أول من بدأ التفكير في ذلك عام ١٨٤٢، عندما لاحظ أولاً انقسام خلايا النباتات والحيوانات؛ حيث تأخذ خليتان متطابقتان مكان خلية واحدة فقط. ويرجع الفضل في وضع نظرية الخلايا إلى ماتيياس شلايدن وتيودور سوان ورودولف فيركو (١٨٣٨). وتنص هذه النظرية على أن كل شيء يتكون من خلايا، وجميع الخلايا تنشأ من خلايا أخرى؛ حيث إن كل خلية لها نواة تنقسم إلى جزأين متطابقين عندما تنقسم الخلية. ومن هنا، بدأ معظم الناس يعتقدون أن النواة هي الأساس في علم الوراثة.

بعد ذلك بفترة قصيرة، كان العمل في مجال علم الوراثة يسير في ثلاثة اتجاهات منفصلة في بداية الأمر. فبينما كان مندل (١٨٦٥) يضع قوانين علم الوراثة ويفترض "مجموعة" ما من الصفات الوراثية، كان جوهان ميشر (١٨٦٩) يقوم بالتقاط نواة كل ذرة بمفردها لكي يبحث فيها عن مادة كيميائية معينة تسمى الحامض النووي. وبعدها بفترة قصيرة، كان وولتر فليمينج يلاحظ مدى تعقيد الكروموسومات من حيث تكوينها وانقسامها داخل النواة عندما تنقسم الخلايا.

بحلول ثمانينيات القرن التاسع عشر، تم ربط أعمال العلماء ببعضها البعض، مع وضع العلماء الألمان في الصدارة. وكان كل من أوسكار هيدفيج وأوجست وايسمان من بين الأسماء

البارزة في هذا الصدد. ففي عام ١٨٨٢، صرح وايسمان أن الكروموسومات لها دور في عملية الوراثة. في ١٨٨٤، أعلن هيدفيج أن الحامض النووي هو المادة المسئولة عن انتقال الصفات الوراثية. فقد رأى هيدفيج تحت المجهر اتحاد بويضة مع حيوان منوي؛ فقرر أن تلك اللحظة كانت لحظة الإخصاب.

في غضون ذلك، وجد خبير علم الخلايا البلجيكي أدوار فان بيندين أن لجميع الخلايا في فصيلة حيوان ما أو نبات ما العدد نفسه من الكروموسومات، وعددها ٤٦ كروموسوم في الإنسان و٢٢ كروموسوم في شجر الصنوبر الضخم و٨ كروموسومات في ذبابة الفاكهة. وما يستثنى من ذلك القانون كان اكتشافه الآخر العظيم. فالخلايا التي تشترك في عملية التكاثر مثل الحيوانات المنوية وحبوب اللقاح أو البويضات يكون لها قبل الإخصاب نصف عدد الكروموسومات الطبيعي فقط. لذلك، عندما يحدث الإخصاب بين حيوان منوي وبويضة مثلاً، فإن كل منهما يسهم بنصف عدد الكروموسومات في الخلية المخصبة.

لقد أصبح من السهل الآن التعرف على كيفية انتقال الصفات الوراثية من جيل إلى الجيل الذي يليه. ولكن للأسف، تم إغفال أو تجاهل العمل الحيوي الذي قام بأدائه جريجور مندل في هذا الشأن (١٨٦٥)، وظل كذلك حتى أعيد اكتشافه (١٩٠٠).

إسهامات لويس باستور في القضاء على مرض الكلب

١٨٨٦

كان عالم الأحياء الفرنسي الشهير لويس باستور من الأوائل الذين بادروا بعمل خطوات إيجابية عندما قام الألماني روبرت كوخ (١٨٧٦) بتحديد الكائن الدقيق (البكتريا العصوية) الذي يسبب الإصابة بمرض الجمرة الخبيثة، وهو مرض حيواني خطير. فسرعان ما أيد باستور آراء كوخ، ولكنه لاحظ أن مرض الجمرة الخبيثة لا يصيب جميع الحيوانات. فالدجاج لديه مناعة ضد الإصابة بهذا المرض. فهل هذا لأن درجة حرارة أجسام الدجاج حوالي ٤٣° مئوية بدلاً من ٣٧° مئوية كما في حيوانات أخرى؟ ربما تقوم الحرارة بإضعاف الميكروبات المسببة لمرض الجمرة الخبيثة أو حتى تقتلها. والدليل على ذلك أنه عندما قام باستور بتبريد جسم دجاجة حية حتى وصل إلى ٣٧° مئوية، اتضح أن هذه الدجاجة فقدت مناعتها ضد هذا المرض.

ردًا على من انتقدوه في هذا الشأن، قدم باستور للجمهور محاولته التي قام فيها بتسخين البكتريا العصوية التي تسبب الإصابة بمرض الجمرة الخبيثة وقام بحقنها في ٢٥ خروفًا. فلم يتضح حدوث شيء ما. بعد ذلك، قام بحقن الأغنام نفسها فضلاً عن ٢٥ آخرين بميكروبات جيدة مسببة الإصابة بهذا المرض. فعاشت المجموعة الأولى، بينما نفقت المجموعة الثانية. فالبكتريا التي تم تسخينها لم تكن قادرة على أن تسبب المرض، ولكنها إلى حد ما أعطت الحيوانات مناعة. سرعان ما تمت حماية الملايين من الأغنام والماشية ضد الإصابة بمرض الجمرة الخبيثة. جدير بالذكر أن أحد الأشخاص قد قام في ذلك الوقت بتقدير ما تم إنقاذه من الحيوانات، فوجد أنه يساوي التعويضات التي كان على فرنسا دفعها بعد خسارة الحرب ضد بروسيا.

كرر باستور الوسائل نفسها بنجاح مع مرض الكوليرا الذي يصيب الدجاج، وهو مرض آخر مميت يصيب الحيوانات. وأطلق على العلاج لقب "اللقاح"، وبذلك قام بتكريم أدوارد جنر الذي مهد الطريق لمثل هذا العمل منذ ٩٠ عامًا عندما استخدم جدري البقر في حماية الناس ضد مرض الجدري الخبيث (١٧٩٦). وقد أطلق على زراعة البكتريا الضعيفة اسم "لقاحات".

لقد تمثلت أكبر انجازات العالم باستور في تغلبه على مرض الكلب الذي كان من الممكن أن يقتل أي إنسان يعضه كلب مصاب به. فقام بتحضير لقاح من الأحبال الشوكية للأرانب المصابة بهذا المرض، على الرغم من أنه لم يحدد بعد البكتريا بوضوح. فسرعان ما استطاع أن يمنع هذا المرض من الانتشار من كلب إلى آخر، إلا أنه لم يجرب العلاج على البشر خوفًا من حدوث شيء لا تحمد عواقبه. لكنه عاد ليقدم على اتخاذ هذه الخطوة فقط في عام ١٨٨٦، عندما جاء جوزيف ميستر البالغ من العمر تسع سنوات إلى معمله بعد أن عضه كلب مصاب بداء الكلب.

> **في مجال الملاحظة، لا تأتي الفرصة إلا للذين استعدوا بعقولهم لتحقيق انفراجة في أي مجال.**
>
> **لويس باستور**

بدا موت هذا الولد محققًا؛ لذلك قام باستور بمعالجته. وتماثل ميستر للشفاء تمامًا، وكذلك الحال مع راعي آخر شاب كان قد أصيب بعد هذا الولد ببضعة أشهر بالمرض نفسه عندما عضه كلب. وقد كانت الدعاية على أشدها؛ فأصبح باستور أكثر علماء العالم شهرة. وقام جميع من اعترفوا بفضل باستور بتدعيم تأسيس معهد باستور، حيث عمل فيه ميستر بوابًا لعدة سنوات. وتوفي باستور إثر مضاعفات سكتة دماغية بعد ذلك بعشر سنوات عن عمر يناهز ٧٥ عامًا.

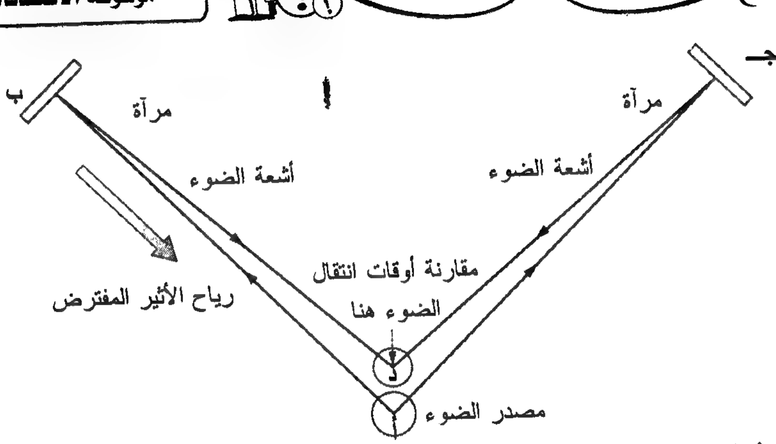
إسهامات ألبرت مايكلسون وآرثر مورلي في البحث عن الأثير

١٨٨٧

على مدى قرون، تخيل كثير من العلماء أن الفضاء الذي يبدو ظاهريًا أنه خال يمتلئ بمادة غامضة يُطلق عليها اسم "الأثير". أطلق الفيلسوف الفرنسي رينيه ديكارت على هذه المادة اسم "المادة الدقيقة" وادعى أن الكواكب تدور في مداراتها بفعل دوامات كبيرة تحدث داخل هذه المادة (١٦٤٤). من ناحية أخرى، اعتقد آخرون أن الضوء يتكون ببساطة من سلسلة من الموجات الصغيرة في الأثير "المضيء" (أو الأثير ناقل الضوء). وما زال البعض يعتقد أن الأثير من الممكن أن يكون جزءًا من "الحيز المكاني المطلق"؛ حيث يمكن قياس الحركة الحقيقية للأشياء وفقًا له، وذلك كما جاء على لسان إسحاق نيوتن (١٧١٦).

نظرًا لاستخداماته العديدة الممكنة، فلا عجب لانتشار الفكرة بين الناس، إلا أنه منذ البداية، بدت هذه فكرة مخادعة. فقد بذل الفيزيائيون جهدًا كبيرًا للتوفيق بين الخصائص المتعددة التي من الضروري توفرها في الأثير. فيجب أن يكون الأثير صلبًا ومتماسكًا للغاية لكي يحمل الضوء في أقصى سرعة له. وفي الوقت نفسه، يجب أن يكون شديد المرونة لكي لا يقلل من سرعة الكواكب التي تدور فيه.





في التجربة الشهيرة، قاما مايكلسون ومورلي بتتبع شعاعي الضوء على مسافات متساوية من النقطة (أ) إلى المرآتين الموجودتين عند النقطتين (ب) و(جـ) ثم عودتها مرةً أخرى إلى النقطة (د)، حيث تتم مقارنة أوقات وصولهما.

إذا كانت "رياح الأثير" (الناتجة من حركة الأرض خلال الأثير المفترض) تهب من النقطة (ب) باتجاه النقطتين (د) و(أ)، فمن الضروري أن تكون الرحلة المكتملة (أ ب د) قد استغرقت وقتًا أطول من الرحلة (أ جـ د) عبر رياح الأثير. ولكن، على الرغم من المحاولات المتعددة، لم يوجد أي اختلاف في أوقات انتقال الضوء على الإطلاق. ولم يمكن اكتشاف رياح الأثير.

من ناحية أخرى، تم إجراء الاختبار الحاسم في هذا الصدد عام ١٨٨٧. فقد حاول الفيزيائيان الأمريكيان ألبرت مايكلسون وآرثر مورلي اكتشاف الأثير عن طريق قياس سرعة الضوء في الاتجاهات المختلفة بدقة شديدة. فصرحا بأن الأثير يجب أن يتدفق من الأرض في أثناء دورانها حول الشمس، مثل التيار في النهر. كما يجب أن يشبه الضوء القارب في ذلك النهر؛ حيث ينتقل بسرعات مختلفة ضد أو مع أو عبر التيار.

في حقيقة الأمر، قام مايكلسون ومورلي بتتبع أشعة الضوء الداخلة والخارجة في اتجاهات موازية لحركة الأرض أو عمودية عليها. وقد قارنا بين أشعة الضوء المرتدة باستخدام "مقياس التداخل"، بحثًا عن التغيرات البسيطة جدًا في السرعة التي من الممكن أن تدل على وجود الأثير. وعلى الرغم من القيام بمحاولات عديدة من هذا النوع، فإنهما لم يجدا أي تغييرات.

بدا أنه لا وجود للأثير، أو على الأقل لا يمكن اكتشافه، وربما يكون كلا المعنيين شيئًا واحدًا. فبطريقة أخرى، يجب أن تعطي دائمًا أية محاولة لقياس سرعة الضوء، في الفضاء مثلاً، النتيجة نفسها. وقد كانت سرعة الضوء ثابتة، بغض النظر عن كيفية تحرك مصدر الضوء أو المكشاف. وبناءً على هذا الاكتشاف العظيم، أسس ألبرت آينشتاين نظريته النسبية الخاصة (١٩٠٤).

اكتشاف هاينريتش هيرتز للموجات اللاسلكية

١٨٨٨

ليس هناك شك في أن الجميع يعرف اليوم العالم الفيزيائي الألماني هاينريتش هيرتز الذي تم إطلاق اسمه على وحدة التردد، وهي عبارة عن عدد المرات التي يحدث فيها شيء ما في الثانية الواحدة. فالساعة في معالج تردده يبلغ واحد جيجا هيرتز في جهاز الكمبيوتر تدق ألف مليون مرة في الثانية الواحدة. ووقتها نال هيرتز شهرة كبيرة باكتشافه "الموجات الهيرتزية"، على الرغم من أنه هو نفسه كان يشك في أنه من الممكن أن تكون لهذه الموجات أية قيمة. أكد اكتشاف ما نطلق عليها اسم الموجات اللاسلكية ما تنبأ به العبقري الاسكتلندي جيمس كلارك ماكسويل (١٨٧١)، الذي اعتقد أن الشرارات الكهربائية من الممكن أن تسبب إشعاعًا مماثلاً للضوء وينتقل بالسرعة نفسها.

للتأكد من توقعات ماكسويل، أعد هيرتز فجوة ضيقة بين قضيبين معدنيين، وقام بتثبيتهما في ملف حثي، وهو شكل من أشكال المحولات (١٨٣١). كان الجهد الخارج من الملف عاليًا بدرجة كافية لتقليل مقاومة الهواء. وقال إن الشرارات من الممكن أن تقفز إلى الأمام وإلى الخلف عبر الفجوة ("جهاز الإرسال")، وربما تنشئ الموجات التي توقعها ماكسويل. ولحصر تلك الموجات، إذا كان هناك أي منها، وضع هيرتز حلقة من السلك بها فجوة صغيرة (جهاز الاستقبال). ومن المؤكد أنه عندما كانت الشرارات تتدفق عبر الفجوة في جهاز الإرسال، كانت الشرارات الأصغر تقفز على الفجوة الموجودة في جهاز الاستقبال في الوقت نفسه. ومن الواضح أنه كان هناك شيء ما يحمل الطاقة عبر الغرفة.

بعد ذلك، أطلق هيرتز طاقته الجديدة من لوح معدني على الجدار البعيد وقام بتحريك جهاز الاستقبال إلى الأمام وإلى الخلف بين المرآة وجهاز الإرسال. فوجد أماكن في الغرفة عثر فيها جهاز الاستقبال على الكثير من الشرارات، وأماكن أخرى لا توجد بها شرارات على الإطلاق. وكانت هذه الشرارات مثل الأهداب المضيئة والمظلمة التي رآها توماس يونج في تجربته "الشق المزدوج" (١٨٠١) كنتيجة للتداخل بين شعاعين من الضوء، وكانت دليلاً واضحًا على أن الضوء عبارة عن موجة. كذلك، فقد سمحت هذه الشرارات للعالم يونج قياس إلى أي مدى تنفصل ذروة الموجات عن بعضها (طول الموجات).

لقد فعل هيرتز الشيء نفسه مع موجاته الجديدة. فقد استطاع التعرف على ترددات الموجات من خصائص الملف الحثي. واكتمل الاكتشاف عند إجرائه للعملية الحسابية المتمثلة في أن حاصل ضرب التردد وطول الموجة ينتج عنه مقدار السرعة. فانتقلت الموجات الجديدة بسرعة الضوء نفسها، وكانت بالفعل هي ما توقعه ماكسويل. وأوضحت التجارب التالية أن تلك الموجات من الممكن أن يحدث لها انعكاس وانكسار تمامًا مثل الضوء.

انطلاقًا من هذه البدايات، ظهرت تكنولوجيا الراديو، بدءًا بعمل الإيطالي جوليلمو ماركوني (١٨٩٥). فعلى مدى أجيال تالية، وبعد مرور وقت طويل على اكتشاف طرق أفضل لتجهيز هذه الموجات، عرف جهاز اللاسلكي الموجود على السفن باسم جهاز "الشرارات".

إسهامات أميل بيرينج في مجال الأمصال

١٨٩١

قضى الألماني أميل بيرينج جزءًا من حياته كطبيب في الجيش وكمحاضر في الكلية العسكرية، الأمر الذي أثر كثيرًا في حياته. فقد كان طوال حياته يستيقظ في الرابعة صباحًا ويستمتع بتناول اللحم في وجبة الإفطار. كذلك، فقد كان يمضي في المعمل فقط نصف يوم من العمل.

أدى به اتباع مثل هذا النظام إلى الاستمتاع بحياة مهنية حافلة وناجحة كللها في عام ١٩٠١ بحصوله على جائزة نوبل في الطب لأول مرة على الإطلاق. فقد عمل بيرينج لمدة خمس سنوات مع روبرت كوخ، الذي اكتشف (وحده ومع تلاميذه) الكثير من الكائنات

الدقيقة التي تسبب الإصابة بالأمراض المعدية مثل الجمرة الخبيثة والسل (١٨٧٦). وانصب اهتمام بيرينج الأساسي على مرض الدفتريا، الذي يسبب نمو غشاء داخل حلق المريض يؤدي إلى اختناقه.

ظهر في ذلك الوقت عامل مهم جدير بالملاحظة؛ حيث وُجد أن البكتريا العصوية التي تسبب الدفتريا ليست هي التي تسبب أعراض المرض، وإنما يتسبب في هذه الأعراض مادة كيميائية سامة تفرزها هذه البكتريا ويُطلق عليها اسم "التكسين". وربما يتم علاج مثل هذا المرض عن طريق إبطال تأثير التكسين حتى لو كانت الجراثيم أو الميكروبات المسئولة عن الإصابة لا تزال في الدم. وبعد ذلك، وجد بيرينج أن دم الحيوان الذي لديه مناعة ضد مرض الدفتريا يحتوي على مادة كيميائية أخرى مضادة للتكسين (يتسم دم الحيوان بأن لديه مناعة ضد الدفتريا إذا ما تعرض لجراثيم أو ميكروبات ضعيفة مثلما فعل باستور مع مرض الجمرة الخبيثة ومرض الكلب في عام ١٨٨٦).

توصل بيرينج لهذا الاكتشاف بالتعاون مع شيباسابورو كيتوساتو، الذي ربما يكون أول باحث ياباني يؤثر في مجال العلوم الأوروبية، على الرغم من أنه لم يشترك مع بيرينج في الحصول على جائزة نوبل عام ١٩٠١. وعلى الرغم من أن هذا الاكتشاف كان يتصل بمرض التيتانوس، فإن فكرة المادة الكيميائية المضادة للتكسين بدت قابلة للتطبيق على أي أمراض أخرى.

تمثلت الخطوة الكبرى لإحراز تقدم في هذا الشأن في اكتشاف مصل الدم المأخوذ من حيوان لديه مناعة – وهو عبارة عن الدم المصفى من جميع الأجزاء الصلبة بما فيها كرات الدم البيضاء والحمراء – من الممكن استخدامه في نقل المادة الكيميائية المضادة للتكسين إلى حيوان آخر، مما سيمكن هذا الحيوان من مقاومة المرض. ومن خلال إجرائه للعديد من التجارب والأبحاث على سلسلة من الحيوانات الضخمة – مثل: الأغنام والأرانب وغيرها – استطاع بيرينج أن يجمع كمية كافية من مضادات التكسين، وتحقق له ذلك في عام ١٨٩١ وذلك لحقن طفلة كانت تعاني بشدة من الإصابة بمرض الدفتريا. فظهر تأثير المادة الكيميائية المضادة للتكسين وتماثلت الطفلة للشفاء. وبذلك، استطاع بيرينج أن يكتشف

كيفية العلاج بالأمصال. ونتيجة لذلك، أصبحت الصناعات واسعة النطاق سببًا في شهرة وثراء بيرينج.

بعد ذلك، كرس بيرينج أعماله للقضاء على مرض السل، الذي اهتم به كوخ أيضًا. وأسس معهدًا لإجراء الأبحاث بصدد هذا المرض، متبرعًا بالمال الذي حصل عليه عند منحه جائزة نوبل وأملاكه الأخرى. لكنه في النهاية، توفي إثر إصابته بهذا المرض في عام ١٩١٧.

إسهامات اللورد رايلي ووليم رمزي في البحث عن الأرجون

١٨٩٤

يقوم الناس باستخدام غاز الأرجون يوميًا دون أن يعرفوه. فالمصابيح العادية تمتلئ بهذا الغاز. ولكونه غازًا خاملاً ولا يدخل في أي تفاعل كيميائي، فإنه يمنع فتيل المصباح من أن يحترق بفعل الحرارة؛ فتأثيره يعادل الفعالية نفسها التي يظهر بها تأثير الفراغ، إلا أنه أكثر سهولةً عند العمل معه عن الفراغ.

لقد استحوذ اكتشاف الأرجون على اهتمام عقلين بدلاً من عقل واحد فقط. فقد عمل كل من الثري الإنجليزي اللورد رايلي والاسكتلندي المولد وليم رمزي – الذي اضطر للعمل من أجل تكسب الرزق – منفصلين في البداية ثم عملا معًا بعد ذلك. واكتشفا أن الهواء اليومي يحتوي على ما هو أكثر من غازي النيتروجين والأكسجين المعروفين. فهناك حوالي ١٪ من الهواء كان ينبغي أن يمثل شيئًا آخر.

عرف رايلي في بداية عام ١٨٩٤ أن ما تبقى من الهواء بعد نزع الأكسجين منه كان أثقل قليلاً من النيتروجين الذي يتم تحضيره كيميائيًا من الأمونيا. ففكر رمزي في السبب وراء ذلك، فتذكر تجربة أجراها الكيميائي الإنجليزي الرائد هنري كافندش (١٧٦٦). فقد حاول كافندش في هذه التجربة استخراج الأكسجين والنيتروجين من الهواء بالتفاعلات الكيميائية المختلفة، وتوقع ألا يتبقى شيئًا بعد أن ينتهي من تجربته، إلا أنه قد تبقى لديه فقاعة غازية صغيرة لم يتم استخراجها. وفي هذه اللحظة، كان كافندش قد اكتشف غاز الأرجون إلا أنه لم يعرفه تحديدًا بهذا الاسم. ومن ثم، اكتشفه رايلي ورمزي مرةً أخرى (على الرغم

من أنهما وجداه بطريقة أخرى)، وعرفا أنه الأرجون وتم تكريمهما بمنحهما جائزة نوبل عام ١٩٠٤؛ حيث حصل عليها رمزي في الكيمياء ورايلي في الفيزياء.

أراد رايلي أن يوضح لجمهوره في المحاضرات أنه على الرغم من أن غاز الأرجون هو أول ما تم اكتشافه من الغازات التي عرفت بـ "الغازات النادرة"، فإنه لم يكن نادرًا فعلاً. فالهواء يحتوي على كمية أرجون أكثر من ثاني أكسيد الكربون أو بخار الماء، فالكمية الكلية لغاز الأرجون الموجودة في الهواء الموجود في قاعة المحاضرة من الممكن أن تزن مثل وزن أي فرد من الحاضرين.

الكشف عن لغز أشعة كاثود

١٨٩٥

عندما تطرقنا للحديث عن أشعة كاثود (جايسلر ١٨٥٤)، فإنه لم يتم الكشف عن لغز تلك الأشعة الغامضة غير المرئية. فقد بدت وكأنها تتدفق من شريحة مشحونة بشحنة سالبة داخل أنبوب مفرغ تقريبًا من الهواء؛ مما تسبب في توهج جدران الأنبوب. لقد انتقلت هذه الأشعة في خطوط مستقيمة مثل الضوء؛ وبذلك يمكنها أن تلقي بظل، ولكنها أيضًا من الممكن أن تحرك عجلة وبذلك ربما تكون هذه الأشعة عبارة عن جسيمات. ولكن، كيف يمكن الكشف عن ماهية تلك الجسيمات؟

اعتقد الألمان أن الأشعة كانت صورة غير مرئية من الضوء، ربما مثل الأشعة فوق البنفسجية التي اكتشفها جوهان ريتر عام ١٨٠٢. وظن العلماء الإنجليز بقيادة وليم كروكس أنها عبارة عن جسيمات دقيقة للغاية. وعلى مر السنين، تم تأكيد هذا الدليل وفي النهاية أصبحت هناك إجابة واحدة ممكنة.

فقد تمثل الاكتشاف الرئيسي (وظل هذا معروفًا لبعض الوقت) في أنه من الممكن اعتراض المسار المستقيم الطبيعي لأشعة كاثود والتسبب في انحنائه بفعل المغناطيسية. فالضوء الموجود في جدران الأنبوب ينحرف عند اقتراب المغناطيس منه. فالمغناطيس لا يؤثر إلا على قطع المغناطيس الأخرى أو قطع الحديد (ولا يوجد أي منها هنا) أو التيارات الكهربية (أورستد - ١٨٢٠). من ثم، يجب أن تشبه أشعة كاثود التيار الكهربي، وهو عبارة عن

جسيمات مشحونة متحركة. إلا أن الضوء وأشكال الاشعاع المشابهة له لا تنحرف بفعل المغناطيس؛ ولذلك، لا يعتد بهذه الفكرة كتفسير.

كإثبات لما سبق ذكره، قام آرثر شوستر رفيق كروكس بتحضير أنبوب أشعة كاثود باستخدام زوج من الأقطاب الإضافية على جانبي مسار الأشعة. وقام بشحن أحدهما بشحنة كهرباء موجبة والآخر بشحنة كهرباء سالبة. فوجد أن المسار قد انحنى مرةً أخرى نحو الشريحة الموجبة. ونظرًا لأن الشحنات المختلفة تتجاذب، كانت الإجابة واضحة. فقد كانت جسيمات أشعة كاثود مشحونة بشحنة سالبة. واتفق الإنجليز على الرأي نفسه. وقام الألمان بإجراء التجربة نفسها مرةً أخرى (على يد العالم هاينريتش هيرتز، مكتشف الموجات اللاسلكية عام ١٨٨٨). ولم تتم ملاحظة أي تأثير، مما بدا في صالح نظريتهم القائلة بإن "أشعة كاثود هي الضوء"، إلا أنهم كانوا مخطئين هذه المرة.

فقد جاءت الحجة القاطعة عام ١٨٩٥، ليس من المعمل البريطاني ولكن من الفرنسي جان بيرين، الذي حصل على جائزة نوبل بعد ذلك في هذا الصدد. فقد اكتشف طريقة يجمع بها أشعة كاثود ويقيس شحنتها الكهربائية بالمكشاف الكهربائي. وبالتأكيد، كانت سالبة. ومن هذه اللحظة، تم الكشف عن لغز أشعة كاثود؛ حيث إنها عبارة عن تدفق جسيمات مشحونة بشحنات سالبة.

تجدر الإشارة هنا إلى أن الوقت في تلك اللحظة قد حان للعالم جوزيف جون طومسون لكي يكشف عن منجزاته في هذا المجال أيضًا (١٨٩٧).

تأثير غاز ثاني أكسيد الكربون في "الصوبة الزجاجية"



شهدت بدايات القرن التاسع عشر (١٨٢٧) بداية للمناقشات التي لا تزال قائمة حتى الآن بصدد مدى إمكانية تغيير النشاط الإنساني للمناخ على هذا الكوكب. إذا كانت الغازات في الغلاف الجوي تقوم بالاحتفاظ بالحرارة

والحفاظ على كوكبنا دافئًا، مثلما يفعل الزجاج في الصوبات "تأثير الصوبة"، فإن زيادة مستوى تلك الغازات من الممكن أن يجعل المناخ أكثر دفئًا. ولكن أي غاز قد يسبب أكبر الاختلافات، وهل يمكن أن يزيد النشاط الإنساني من نسبة هذا الغاز في الغلاف الجوي؟

في عام ١٨٩٥، قام العالم السويدي سافنت أرنيوس (١٨٨٤)، الذي حصل بعدها على جائزة نوبل، بحساب التأثير الأساسي في هذا الشأن ووجد أنه يرجع إلى غاز ثاني أكسيد الكربون. وافترض (على الرغم من أنه لم يعرف فعليًا) أن غاز ثاني أكسيد الكربون كان يزداد بوفرة في الغلاف الجوي بسبب انتشار الثورة الصناعية واحتراق الفحم بكميات كبيرة. وإذا استمر هذا الغاز في التزايد، بالتأكيد فسوف ينتهي بنا الحال إلى أن تصبح الأرض أكثر دفئًا.

كان السويدي نيلس إيكهولم من مؤيدي أرنيوس. ففي عام ١٩٠٠، ادعى إيكهولم أن كمية غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء من الممكن أن تتضاعف وهذا قد يؤدي إلى ارتفاع ملحوظ في متوسط درجة حرارة الأرض. ويعتقد كثير من الناس الآن أن الأرض كانت من وقت لآخر قد مرت بفترات من البرد القارس عُرفت بالعصور الجليدية (١٨٣٦). فقد اعتقد إيكهولم أنه إذا كان بإمكاننا التحكم في كمية غاز ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن احتراق الفحم، فإن ارتفاع درجة الحرارة من الممكن أن يمنع حدوث عصر جليدي جديد. ولا نزال نسمع هذا الرأي حتى الآن.

فجأة، أعاد السويدي كنت أندرسون إلى هذا الجدال توازنه مرةً أخرى لصالح بخار الماء كسبب أساسي لارتفاع درجة الحرارة. كذلك، فقد صرح بهذا الأمر أيضًا الفيزيائي الأيرلندي جون تندل منذ أربعين سنة. وكنتيجة لذلك، خرجت فكرة أن غاز ثاني أكسيد الكربون هو السبب الرئيسي لارتفاع درجة الحرارة من حيز التأييد. تجدر الإشارة هنا إلى أنه لا يمكننا التحكم في كمية بخار الماء في الهواء، فهي ترتفع وتنخفض وفقًا لدرجة حرارة المحيطات. وهذا يعني بالضرورة أن درجة حرارة سطح الأرض وأي تغير مناخي ناتج عنها أمر لا يمكننا التحكم فيه ويجب أن يسير في مساره الطبيعي. جدير بالذكر أن هذا الرأي لا يزال مأخوذًا به حتى الآن.

اختراع جوليلمو ماركوني وفرديناند براون للراديو والتلفزيون

١٨٩٥

أدى الاكتشاف العظيم للعالم هاينريتش هيرتز في عام ١٨٨٨ المتمثل في تكوين شكل جديد من الطاقة الإشعاعية إلى أن يهرع العلماء في جميع أنحاء العالم إلى معاملهم مسرورين لاكتشاف المزيد. فقد اكتشف هيرتز نفسه أن "الموجات الهيرتزية" من الممكن أن تنعكس وتنكسر باستخدام المرآة والمنشور الزجاجي تمامًا مثل الضوء. وتشير جميع الأدلة إلى أن الموجات الجديدة تعد مماثلة للضوء المرئي والأشعة فوق البنفسجية والإشعاع الحراري وجميع أجزاء "الطيف الكهرومغناطيسي" الجديد (١٨٧١). لكنها تختلف فقط في طولها؛ فبينما يقل طول موجات الضوء المرئي عن جزء من المليون من المتر، فالموجات الجديدة يبلغ طولها أمتار أو حتى أطول من ذلك. ومقارنةً بالضوء، فقد كانت للموجات الجديدة ترددات منخفضة جدًا بلغت بضع مائة ألف دورة في الثانية (أو هيرتز كما نذكر الآن).

كانت عقول العباقرة من العلماء تعمل في ذلك الوقت على تحسين التقنية المتعلقة بعمل هذه الموجات والكشف عنها. كان من بين هؤلاء العلماء الذين ظهرت إسهاماتهم في هذا الصدد العالم أدوار برانلي في باريس. وكذلك الحال مع العالمين أوليفر لودج في إنجلترا وأرنست رذرفورد – الذي لم يغادر نيوزيلندا بعد في ذلك الوقت – حيث قد أنتجا معًا تصميمات مختلفة لـ "مكشاف الموجات الكهربائية" أو "مكشاف الموجات في أجهزة الراديو" لتدل على استقبال الموجات. فقد اعتبرت محاولاتهما بمثابة طرق يمكن الوثوق بها أكثر من مشاهدة الشرارات تقفز عبر فجوة.

كان هيرتز سعيدًا باكتشاف الموجات وإثبات صحة توقعات ماكسويل، ولكنه لم ينتظر أية نتيجة مفيدة. فقد كان هناك من يختلف معه في الرأي؛ وأشهرهم الإيطالي جوليلمو ماركوني، الذي بدأ، في عام ١٨٩٥، في إجراء سلسلة من التجارب لكي يكشف عن الموجات الهيرتزية في أبعد مسافات ممكنة. فوصلت تلك الموجات لمسافة بضعة كيلو مترات ثم عبرت بحر المانش الإنجليزي، وأخيرًا في ١٩٠١ عبرت تلك الموجات المحيط الأطلنطي؛ بحيث كانت تبدأ وتنتهي طبقًا لنظام مورس. وقد بدأ ماركوني استخدام "البرقيات دون

أسلاك" والتي عُرفت بعد ذلك بـ "اللاسلكي" ثم عُرفت بعدها بـ "الراديو". ومن هنا بدأ عصر ثورة الاتصالات.

عندما حصل ماركوني على جائزة نوبل في الفيزياء عام ١٩١١، فقد تقاسمها مع الألماني فرديناند براون. ففي الوقت الذي قام فيه ماركوني بتطوير جهاز هيرتز، تحمل براون مسئولية تطوير أنابيب أشعة كاثود، الأمر الذي أدى إلى اكتشاف أشعة إكس (١٨٩٥) والإليكترون (١٨٩٧). فقد تسبب طلاء الأنبوب من الداخل بمواد كيميائية فسفورية في زيادة التوهج أو قوة الضوء المنبعث من الإليكترونات. فبإمكان المجالين المغناطيسي والكهربائي حصر الضوء في بقعة صغيرة وتحريكها حول الحاجز. ومن هذا الجهاز البدائي عبقري الصنع أتت مرسمات الترددات وشاشات الكمبيوتر وبالطبع التلفزيون — وهو الجهاز المناسب لتكريمه مع راديو ماركوني.

اكتشاف ولهلم رونتجن لأشعة إكس بالصدفة

١٨٩٥

كانت هناك بضعة اكتشافات علمية في عام ١٨٩٥ لاختيار أفضلها، وكان أفضلها عبارة عن صورة جديدة من الإشعاع بدت غامضة وغير متوقعة لدرجة أن المصطلح "أشعة إكس" كان مناسبًا لها. كذلك، فقد أطلق عليها أيضًا اسم "أشعة رونتجن" تكريمًا لمكتشفها ولهلم رونتجن، الذي كان يعمل كأستاذ فيزياء في جامعة ميونيخ. وبالتالي، فقد حصل رونتجن على أول جائزة نوبل في مجال الفيزياء.

كان رونتجن، مثل غيره من الكثيرين، مهتمًا بأشعة كاثود (جايسلر ١٨٥٤). وقد كان يتم تحضير أشعة كاثود عن طريق تفريغ شحنة كهربية عالية الجهد في أنبوب زجاجي خال من الهواء تقريبًا. ولكن كثيرًا من الناس قد انزعجوا عند ملاحظتهم أن الشرائح الضوئية الموجودة بالقرب من "أنابيب التفريغ" أصبحت غير واضحة لسبب غير معروف، كما لو كانت قد تعرضت للضوء. وتساءل رونتجن ما إذا كانت أنابيب تفريغ الشحنات الكهربائية تصدر نوعًا ما من الإشعاع غير المرئي، وخاصةً عندما أضاءت جدران الأنابيب وتوهجت عند اختراق أشعة كاثود لها. وربما يستطيع الإشعاع أن يتسرب عبر الشرائح الضوئية المجمعة المحيطة والكشف عنها.

في إحدى ليالي شهر نوفمبر، وجد رونتجن أن الإشعاع بالفعل يتسرب عبر الشرائح الضوئية. فقد اكتشف أنه من السهل أن يمر الإشعاع عبر غطاء مانع لنفاذ الضوء ملفوف حول أنبوب التفريغ، واستطاع تكوين شريحة مغطاة بمادة كيميائية فلورية تضيء على بعد عدة أمتار. فقد توصل رونتجن إلى أحد الأسباب المفسرة لهذا الاكتشاف بالصدفة. فقد ساعد الغطاء على حجب الضوء عن الحجرة ليستطيع دراسة الضوء الخافت على جدار الأنبوب بشكل أفضل. ومن ثم، فقد تمكن من لمح الشريحة المضيئة بطرف عينه.

من الممكن للوح رقيق من المعدن أن يعترض نفاذ أشعة إكس، إلا أنه من الممكن لهذه الأشعة أن تخترق أنسجة الإنسان وتظهر بطاقة كافية لأن تترك صورة على شريحة ضوئية. كانت أول صورة يتم التقاطها بأشعة إكس ليد زوجة رونتجن، موضحةً عظامها والخاتم الذي كانت ترتديه، محاطين بظل بشرتها. لقد كانت لهذه الصور قيمة كبيرة بالنسبة لمجال الطب والجراحة، وبعد ذلك في الهندسة والصناعة. وسرعان ما ظهرت أنابيب أشعة إكس الأكثر فعالية. ولكن، لسوء الحظ، لم يتم اكتشاف مخاطر تلك التكنولوجيا إلا في عهد قريب.

أصبح رونتجن واحدًا من أكثر علماء عصره شهرةً. فقد استطاع أن يحصد العديد من صور التكريم والأوسمة، ثم كللها بحصوله على جائزة نوبل في عام ١٩٠١. ظل رونتجن متحفظًا ومتواضعًا لدرجة كبيرة؛ فقد كان يفضل العمل بمفرده وأن يصنع معداته بيديه. وكانت شخصيته محبة للطبيعة وتسلق الجبال، وتوفي بسرطان في الأمعاء عن عمر يناهز ٧٨ عامًا.

إسهامات هنري بيكيريل في مجال النشاط الإشعاعي

١٨٩٦

كان والد الفيزيائي الفرنسي هنري بيكيريل وجده باحثين وأستاذين بارزين، الأمر الذي شجع الابن على إكمال مسيرة العائلة. فقد كان ذلك الاكتشاف المهم غير المتوقع والذي ساهم في شهرة هنري بيكيريل مجرد صدفة أيضًا.

جدير بالذكر أن اكتشاف رونتجن لأشعة إكس في عام ١٨٩٥ أدى فعليًا إلى إحداث ضجة في الأوساط العلمية. فهذه "الأشعة" الجديدة المذهلة من الممكن أن توضح ما بداخل الأجسام الصلبة، وأن تجعل كثيرًا من المعادن مضيئة. إن بعض المعادن، مثل تلك التي تحتوي على اليورانيوم في تكوينها، تضيء بعد أن يتم تعريضها لضوء الشمس. وعلى هذا الأساس، قرر بيكيريل أن يرى كيفية استجابة هذه المعادن إلى أشعة إكس. فقد تمكن بيكيريل من الحصول على مجموعة كبيرة من هذه المعادن وراثةً عن والده.

قام بيكيريل بتغليف شريحة ضوئية وعينة من ملح اليورانيوم في ورقة غير شفافة، ليقوم بتعريضها لأشعة إكس. فإذا تسببت أشعة إكس في توهج المعدن (وجعلته يتألق)، فمن الممكن أن تصبح الشريحة الضوئية غير واضحة بسبب الضوء المنبعث. وكان قد قام بتحميض هذه الشريحة الضوئية قبل اصطدامها بأشعة إكس، ربما لكي يعقد مقارنة بين الوضع قبل التعرض لأشعة إكس وبعد التعرض لها. اندهش بيكيريل عندما عرف أنها قد أصبحت غير واضحة بالفعل؛ فكان هناك ظل مميز يوضح المكان الذي ضغطت فيه الأشعة على عينة اليورانيوم. فحتى في الظلام الدامس ودون أي حافز من أشعة إكس، أطلق اليورانيوم بعض الأشعة من نفسه. وكان هذا حدثًا غير مسبوق.

سرعان ما اكتشف بيكيريل أن جميع مركبات اليورانيوم لها التأثير سابق الذكر؛ لذلك فإن انطلاق الطاقة ليس له علاقة بالكيمياء، كما لا تؤثر الظروف الفيزيائية الطبيعية مثل درجة الحرارة أو الضغط على ذلك. فالإشعاع كان ينبغي أن ينشأ من أعماق ذرات اليورانيوم – وكانت هذه أول مرة تتم الإشارة فيها إلى "الطاقة الذرية" التي أصبحت محورًا للاهتمام على مدار القرن التالي لذلك القرن.

في البداية، أُطلق على هذه الإشعاعات اسم "أشعة بيكيريل" نسبةً إلى العالم بيكيريل. أما بعد ذلك، فقد أصبح اسمها "النشاط الإشعاعي"، وتمكن بيكيريل من اكتشاف خصائصها. وجد بيكيريل أنها تجعل الهواء والغازات الأخرى جيدة التوصيل للكهرباء – أي أنها تصبح "متأينة" (١٨٨٤). جدير بالذكر أن أشعة إكس لها التأثير نفسه. ولكن على عكس أشعة إكس، فهذه الإشعاعات تتأثر بالمغناطيس والشحنات الكهربائية. لذلك، لم تكن صورة من صور الضوء. فعند وضع أحد الأشكال المعدنية بين عينة لمعدن له نشاط

إشعاعي وبين شريحة، وُجد أن هذا الشكل المعدني قد ترك علامة باهتة عن التي تركها المعدن نفسه الذي له نشاط إشعاعي، مما يوضح أن المعادن تمتص جزءًا من الأشعة. ويتم الكشف عن تعقيدات معادن أخرى بواسطة تلك الأشعة (١٨٩٩).

تم منح بيكيريل الأوسمة التي استحقها في ذلك الوقت. وقد تقاسم جائزة نوبل في الفيزياء لعام ١٩٠٣ مع ماري كوري وبيير كوري، اللذين اعتمدا بشكل مذهل على عمله فيما توصلا إليه من اكتشافات (١٨٩٨). واليوم، تقاس قوة النشاط الإشعاعي بوحدة بيكيريل.

اكتشاف جوزيف جون طومسون للإليكترون

١٨٩٧

قُدر لمعمل كافندش بجامعة كامبريدج منذ تأسيسه في عام ١٨٧١، أن يقوم بإدارته علماء عباقرة؛ كان أولهم جيمس كلارك ماكسويل (١٨٧١)، الذي أوضح حقيقة الضوء وتنبأ بالموجات اللاسلكية، ثم العالم جون وليم شترات (ويُعرف أيضًا باسم اللورد رايلي) (١٨٩٤)، والذي توصل إلى اكتشاف غاز الأرجون الخامل من بين أشياء أخرى مرتبطة مع بعضها البعض. بعد ذلك، تلاهما في الإدارة جوزيف جون طومسون، ثم النيوزيلندي أرنست رذرفورد (النشاط الإشعاعي - ١٨٩٩)، والذي استمر في المنصب حتى الثلاثينيات من القرن العشرين.

عمل طومسون في ذلك المعمل في عام ١٨٨٤. وكان مشتهرًا بوصفه أستاذًا أخرق وغير كفء لتدريس مادة الفيزياء التجريبية. فقد حاول مساعدوه في المعمل أن يمنعوه من لمس معدات المعمل، لأنه غالبًا ما يكسر الأشياء. ولكن كان تفكيره في الأعمال المتعلقة بالطبيعية رائعًا، وكان يسرع في متابعة الاكتشافات في كل مكان، مثل اكتشاف هاينريتش هيرتز للموجات اللاسلكية في عام ١٨٨٨ واكتشاف ولهلم رونتجن لأشعة إكس في عام ١٨٩٥. ويعتبر بحثه الذي قام بإجرائه على أشعة كاثود الغامضة عام ١٨٩٧ هو السبب في شهرته وحصوله على جائزة نوبل في عام ١٩٠٦.

كان جوزيف جون متفقًا مع أبناء وطنه مثل وليم كروكس أن أشعة كاثود كانت عبارة عن جسيمات دقيقة مشحونة بشحنات سالبة. أما الفيزيائيون الألمان، على الجانب الآخر،

فقد اعتقدوا أنها كانت صورة غير معروفة من صور الضوء (رونتجن – ١٨٩٥). ولإثبات حجتهم، كان الإنجليز في حاجة إلى بعض الحقائق عن كتلة الجسيمات و/أو شحناتها الكهربائية، أو على الأقل النسبة بينهما. قام جوزيف جون بإطلاق شعاع من أشعة كاثود خلال مجال كهربائي ومجال مغناطيسي في الوقت نفسه، وتمكن من الحصول على القياس الذي كان يسعى لمعرفته.

لقد كانت النتائج التي توصل إليها جوزيف جون مذهلة. فنسبة الشحنة إلى الكتلة لجسيمات أشعة كاثود كانت أكبر بألفي مرة من نسبتها في أفضل شيء يمكن مقارنتها به، ألا وهو أيون الهيدروجين – والذي يمثل ذرة أخف عنصر معروف له شحنة أحادية موجبة.

من الممكن أن تعني نتيجة أبحاث جوزيف جون أحد أمرين: إما أن الشحنة التي على الإليكترون كانت أعلى كثيرًا من تلك الشحنة الموجودة على أيون الهيدروجين، أو أن الكتلة كانت أقل كثيرًا. ورجح جوزيف جون نفسه الأمر الثاني، لكي يطرح بجرأة الفكرة التي مفادها أن "المواد الناقلة للشحنة الكهربائية تعد أصغر كثيرًا من ذرات الهيدروجين"؛ حيث إن ذرات الهيدروجين كانت أصغر الأشياء المعروفة وقتها.

في ذلك الوقت، أُطلق على هذا الجزء الدقيق من المادة اسم "إليكترون"، والذي قد توصل إلى اكتشافه فعليًا الفيزيائي الأيرلندي جونسون ستوني ولكن في ظل سياق آخر، إلا أنه مرتبط بهذا الموضوع بدرجة كبيرة. ظل هناك المزيد من الأمور التي تنتظر من يكشف عنها فيما يتعلق بالإليكترون، وكان للعالم جون جوزيف دور فيها أيضًا. ← ١٨٩٩

يؤدي البحث في العلوم التطبيقية إلى الإصلاح، ويؤدي البحث في العلوم البحتة إلى الثورات. والثورات بدورها، سواء كانت سياسية أم صناعية، تعتبر أشياء ذات فائدة عظيمة إذا كان المرء في الجانب الفائز.

جوزيف جون طومسون

دور ماري كوري وبيير كوري في البحث عن الراديوم

١٨٩٨

يعرف معظم الناس اسم ماري كوري نظرًا لأنها كانت المرأة التي استطاعت اقتحام الوسط العلمي الذي يسيطر عليه الرجال. فقد كانت ماري البولندية الأصل عالمة عظيمة بكل المقاييس وواحدة من القلائل الذين حصلوا على جائزة نوبل مرتين. حصلت ماري كوري على جائزة نوبل للمرة الأولى في عام ١٩٠٣، حيث تقاسمتها مع زوجها الفيزيائي الفرنسي بيير كوري. وربما كان هو أكثر شهرةً منها في ذلك الوقت بسبب اكتشافه لنقطة كوري أو نقطة التحول المغناطيسي، وهي درجة الحرارة التي لا يمكن للمادة فوقها أن تأخذ صفة المغناطيسية.

في واقع الأمر، تم تقسيم جائزة نوبل إلى ثلاثة أجزاء في عام ١٩٠٣؛ حيث ذهب نصفها إلى الفرنسي هنري بيكيريل، الذي اكتشف الظاهرة غير المتوقعة التي عُرفت باسم النشاط الإشعاعي في عنصر اليورانيوم، والذي يعتبر أثقل العناصر المعروفة، وذلك في عام ١٨٩٦. فسيطر هذا الاكتشاف على خيال الزوجين ماري وبيير – اللذين كانا قد تزوجا في عام ١٨٩٥ – خاصة عندما اكتشفت ماري مع أحد زملائها النشاط الإشعاعي في عنصر الثوريوم، وهو عنصر ثقيل آخر. بعد ذلك، انطلق الزوجان لاستكشاف عالم المعادن للبحث عن أي آثار أخرى للنشاط الإشعاعي مستخدمين في ذلك قوة أشعة بيكيريل كمقياس لجعل الهواء العادي موصل للكهرباء، مما أدى إلى أن يفقد المكشاف الكهربائي الشحنة الكهربائية المخزونة داخله.

بعد إجراء بحث طويل غير مثمر، عاد الزوجان إلى المعدن الأسود اللامع الغني باليورانيوم. حتى بعد أن تم استخراج اليورانيوم كله، كان المعدن لا يزال مشعًا أكثر من اليورانيوم نفسه بأربع مرات. ظن الزوجان ضرورة وجود معدن آخر مشع يختفي فيما تبقى من المعدن، فانطلقا للبحث عنه.

تكفي سنوات الكفاح التي مرت لأن تكون موضوعًا لأسطورة كوري. ففي معملهما الصغير، الذي سادته البرودة الشديدة في الشتاء والحرارة الخانقة في الصيف، قاما بتروٍ وجهد شديدين، باختزال أطنان إلى أجزاء صغيرة قليلة من المعدن الذي كانا يسعيان للحصول عليه. وقد كان هذا المعدن مشعًا بدرجة شديدة حتى أنه كان يضيء في الظلام،

لذلك سمي بالاسم راديوم. كذلك، فقد اكتشفا عنصرًا آخر مشعًا بعد ذلك وأطلقا عليه اسم بولونيوم وفقًا لموطن ماري. كانت هذه هي الاكتشافات التي استحقت عن جدارة الحصول على جائزة نوبل.

كانت الخسارة الكبرى للعالمة ماري وللوسط العلمي كله عندما لقي بيير كوري مصرعه بعد أن صدمته إحدى العربات في الشارع عام ١٩٠٦ عن عمر يناهز ٥١ عامًا. فأكملت ماري العمل بعد وفاة زوجها وكانت أول من استخدم الراديوم في علاج الأمراض مثل السرطان وحصلت على جائزة نوبل أخرى بمفردها. ← ١٩١١

اكتشاف مارتينيوس بيجرينك للفيروسات

١٨٩٨

تمت تسمية "مرض فسيفساء التبغ" بهذا الاسم لأنه يترك علامات على أوراق نبات التبغ وأوراق النباتات الأخرى مثل الطماطم والفلفل والفلفل الأحمر والخس. لذلك، كان هذا المرض هو الشغل الشاغل لزراعي الخضراوات وأصدقائهم من العلماء.

قام الهولندي مارتينيوس بيجرينك بدراسة كائنات دقيقة مثل البكتريا والفطريات التي تعيش في التربة وآثارها على النباتات، بما فيها انتشار الأمراض. وفي عام ١٨٩٨ كان يبحث عن سبب إصابة أوراق النباتات بهذا المرض. فعمل على استخلاص بعض السائل من ورقة مصابة، وحاول فصل الكائنات الدقيقة التي افترض وجودها فيه باستخدام مصفاة لكي يستطيع دراستها. فوجد أن السائل الذي مر من المصفاة من الممكن أن يظل ينقل المرض إلى النباتات الأخرى. وكان سبب الإصابة بالمرض شيئًا آخر أصغر بكثير من البكتريا أو خلية الفطر. فقد صرح بيجرينك أن "السائل الفعال الناقل للمرض" يحتوي على "فيروس يمكن تصفيته"، إلا أنه بعد ذلك تغاضى عن استخدام كلمة "يمكن تصفيته".

كان اكتشاف بيجرينك مثيرًا للجدل. فقد أوضحت أبحاث القرن التاسع عشر أن الكائنات الحية تتكون من خلايا كاملة (١٨٣٨) وأن "الخلايا تنشأ من الخلايا". وزاد بيجرينك من غموض تلك الفكرة عندما وجد أنه يمكنه تربية هذه الفيروسات داخل النباتات الحية فقط، وليس على شرائح الجيلاتين كما هو ممكن مع مجموعات البكتريا

والفطريات. لذلك، كانت فيروساته حية، لكن ربما تكون حية بشكل جزئي فقط. ونظرًا لصغر حجمها، فلم يتمكن أحد من رؤيتها مباشرةً لعدة سنوات، وقد استغرقت وقتًا كبيرًا لاكتشاف أسرارها. وحينذاك، أصبح معروفًا أن الفيروسات (وليست البكتريا) تسبب كثيرًا من الأمراض للإنسان والحيوان، بما فيها الحمى القلاعية وشلل الأطفال والجدري.

قضى بيجرينك قليلاً من حياته العملية الشهيرة في دراسة الفيروسات؛ حيث أمضى وقتًا أكبر في معرفة الكيفية التي تحصل بها النباتات على النيتروجين الذي تحتاجه لتكوين البروتين. فقد عرف أن النباتات التي تسمى بالبقول (مثل البازلاء والفول والبرسيم والترمس) بإمكانها إلى حد ما أن تنتج النيتروجين، وذلك بأن تأخذ النيتروجين من الهواء وتكوّن مركبات تسمى بالنترات التي توفر بعد ذلك النيتروجين للنباتات الأخرى. وتحدث هذه العملية في العقيدات الموجودة في جذور النباتات. ويعتبر بيجرينك هو من أثبت أن هذه العقيدات هي موطن بكتريا معينة (البكتريا العصوية) وهي التي تقوم في الواقع بعملية تكوين النترات. أما البكتريا الأخرى، فتكون مسئولة عن إتمام مهمة "إزالة النيتروجين" وإطلاقه من نترات التربة. لذلك، تلعب الكائنات الدقيقة دورًا فعالاً في دورة النيتروجين في الطبيعة.

اكتشاف وليم رمزي لباقي الغازات الخاملة

١٨٩٨

كان اكتشاف الغاز الخامل المعروف باسم الأرجون عام ١٨٩٤ هو أعظم إنجاز مشترك للباحثين الإنجليزيين وليم رمزي وجون وليم شترات (اللورد رايلي). وقد حصل كل منهما على جائزة نوبل على حدة عن هذا الاكتشاف.

لم يكن اكتشاف الأرجون هو نهاية المطاف لدى العالم رمزي. ففي عام ١٨٩٥، تعرف على نوع من الغازات اكتشفه بعض الباحثين الأمريكيين داخل خامات اليورانيوم. وثبت بعد ذلك أنه الهليوم، الذي لم يكن معروفًا قبل ذلك على الأرض ولكنه كان له اسم لأنه تم اكتشافه عن طريق تحليل ضوء الشمس (لوكير ويانسين – ١٨٦٨). وكان الهليوم، مثل الأرجون، غازًا خاملاً؛ فلا يمكنه تكوين مركبات مع عناصر أخرى على الرغم من إمكانية تحفيزه بقوة باستخدام الفلزات الساخنة بدرجات حرارة عالية والمواد الكيميائية القوية والشرارات الكهربية.

فعندما نظر رمزي إلى جدول دمتري مندلييف الدوري الجديد للعناصر (١٨٦٩)، ظن أن الهليوم والأرجون عنصران جديدان ينتميان إلى تلك العناصر الجديدة. وبالاشتراك مع فريقه في جامعة لندن، قام رمزي بتقطير الهواء السائل بعد بذل كثير من الجهد. وبحلول عام ١٨٩٨، اكتشف باقي الغازات واحدًا تلو الآخر: النيون (الغاز الجديد) والزينون (الغريب) والكربتون (الخفي). وتكوّن هذه الغازات الخاملة معًا مجموعة الغازات "النادرة" أو "النبيلة". ولكل منها ألوانه المميزة والخطوط الطيفية الخاصة به عندما يتوهج في "أنبوبة تفريغ" (جايسلر – ١٨٥٤).

فما يبعث على الدهشة في أسماء هذه العناصر أن جميعها يتشابه في المقطع الأخير فيما عدا عنصر الهليوم. ويرجع ذلك إلى أنه عندما تم التعرف عليه عن طريق تلك الخطوط التي ظهرت منه في طيف الشمس، فقد كان من المتوقع أن يكون معدنًا. فعادة ما تنتهي أسماء المعادن بمقطع واحد مثل الصوديوم والماغنسيوم. إلا أنه عندما تم اكتشاف الهليوم على الأرض وثبت أنه ليس معدنًا، كان من الواجب تغيير اسمه إلى (هليون) ولكن ربما كان هذا متأخرًا جدًا.

لقد تمت إضافة القليل من التعليقات إلى تلك القصة السابقة. فحالة الخمول التي توجد عليها هذه الغازات جميعها تثير موضوع التكافؤ بالنسبة لها (١٨٥٢)؛ حيث إن التكافؤ يعني "قوة الاتحاد". وبما أن هذه العناصر لا يمكنها أن تتحد، فدرجة تكافؤها "صفر"، بينما في كل العناصر الأخرى يتراوح هذا الرقم من واحد إلى أربعة (أو ربما سبعة). وربما يحتاج التكافؤ "صفر" إلى بعض التفسير (بور – ١٩٢٦).

لقد اكتملت عناصر الغازات النادرة بعد ذلك ببضع سنوات باكتشاف الغاز الخامل المشع "الرادون" الذي ينبعث من اليورانيوم والثوريوم. وفي عام ١٩٠٣، اكتشف رمزي أن العنصر الجديد المفصول الراديوم (١٨٩٨) ينبعث منه أيضًا غاز. واتضح أنه الهليوم مرة أخرى وقدم ذلك الاكتشاف تفسيرًا للغز "جسيمات ألفا" التي تنطلق من بعض العناصر المشعة (النشاط الإشعاعي – ١٨٩٩). ومنذ تلك اللحظة، أوشك ذلك العالم الموجود بداخل الذرة على أن ينكشف.

المزيد من اكتشافات جوزيف جون طومسون في مجال الذرة

١٨٩٩

لم يتوقف الفيزيائي الإنجليزي البارع جوزيف جون طومسون عن العمل بعد أن أثبت في عام ١٨٩٧ أن أشعة كاثود كانت عبارة عن جسيمات (إليكترونات). فقد كان هناك الكثير من الألغاز التي تنتظر تفسيرًا. فنسبة شحنة الإليكترون إلى كتلته كانت أكبر ٢٠٠٠ مرة من ذرة هيدروجين مشحونة بشحنة موجبة (أيون). مما يعني أن الشحنة الموجودة على الإليكترون كانت أكبر ٢٠٠٠ مرة من تلك التي على الأيون أو أن كتلتها كانت أقل ٢٠٠٠ مرة أو كلا الأمرين معًا.

كان جوزيف جون متأكدًا من أن كتلة شحنة الإليكترون أقل ٢٠٠٠ مرة، ولكنه كان يحتاج إلى دليل. فقام زميل له في معمل كافندش في جامعة كامبريدج بإعداد "غرفة تكثيف" ممتلئة بهواء رطب جدًا معد للتكثيف في شكل قطرات أمطار. وأعد جوزيف جون نموذجًا لقطرات المياه عن طريق تمرير أشعة إكس خلال الغرفة لكي يتم إعطاء بعض ذرات الهواء شحنة سالبة (أي لتأيين الهواء). فعملت أيونات الهواء على جذب قطرات الماء، فأصبحت القطرات أيضًا مشحونة. وقام جوزيف جون بإجراء سلسلة من الخطوات ليعرف أي القطرات هي التي عليها أقل كمية من الشحنة. فتمكن من الحصول على الإجابة التي تمناها. فأصغر كتلة من الكهرباء السالبة يستطيع أن يجدها، وهي تلك التي كان يعتقد أنها تمثل إليكترونًا أحاديًا، كانت بالحجم نفسه الخاص بالشحنة الموجبة الموجودة على أيون الهيدروجين. وكنتيجة لذلك، استبعد جوزيف جون أن تكون شحنة الإليكترون أكبر ٢٠٠٠ مرة من الشحنة الموجودة على أيون الهيدروجين، كما استبعد أن يكون الأمر كذلك فضلاً عن كون الكتلة أقل ٢٠٠٠ مرة؛ إلا أنه ترك أمامه اقتراحًا مفاده أن تكون كتلة شحنة الإليكترون أقل ٢٠٠٠ مرة. ففي واقع الأمر، كان الإليكترون صغيرًا جدًا مقارنةً بالذرة.

توصل جوزيف جون طومسون إلى نتيجة لا يمكن تخيلها: "ففي الكهرباء السالبة، يتكون لدينا شيء ما يتضمن انقسام الذرة". وإذا كان هذا حقيقيًا، فيصبح اسم "ذرة" الذي يشير معناه في اللغة اليونانية إلى أصغر وحدة "غير قابلة للانقسام" لا يؤدي المعنى الصحيح للكلمة.

منذ ذلك الوقت، أصبحت الإليكترونات تظهر في كل مكان؛ فتظهر في أشعة كاثود على سبيل المثال، حيث اكتشفت أولاً، كما تظهر عند تبخرها من الفتيلة الساخنة داخل

مصابيح توماس أديسون (١٨٨٢). كذلك، فإنها تنطلق من المعادن تحت تأثير الكهرباء الضوئية (١٩٠٥)، وينتج عنها شرارات وتيارات كهربية، كما أنها تنطلق من الذرات المشعة مثل جسيمات بيتا المكتشفة حديثًا (النشاط الإشعاعي - ١٨٩٩).

استخدم جوزيف جون مثال "بودنج البرقوق" الذي يحبه أفراد الطبقة المتوسطة الإنجليزية للغاية كنظير للإليكترونات الموجودة في كل مكان لوضعها في نظام الطبيعة. فالذرة مثل البودنج مكونة من "مواد" مشحونة بشحنة موجبة وبها إليكترونات ملتصقة بها مثل البرقوق. من الممكن تحرير الإليكترونات من البودنج (الذي يمثل الذرة هنا في هذا المثال) بعدة طرق: بالاحتكاك (في الكهرباء الساكنة) وبالتفاعلات الكيميائية (في البطاريات) وبالضوء (في تأثير الكهرباء الضوئية) وبالحرارة (في المصابيح) وبقوة النشاط الإشعاعي.

لقد فسرت ذرة جوزيف جون طومسون المتمثلة في "بودنج البرقوق" جميع الحقائق المعروفة؛ حيث كانت في ذلك الوقت محط الاهتمام. ولكن الأحداث كانت تجري سريعًا. فبحلول عام ١٩٠٩، كان قد ظهر إنجاز خطير في هذا الصدد. ← ١٩٠٧

ماهية النشاط الإشعاعي

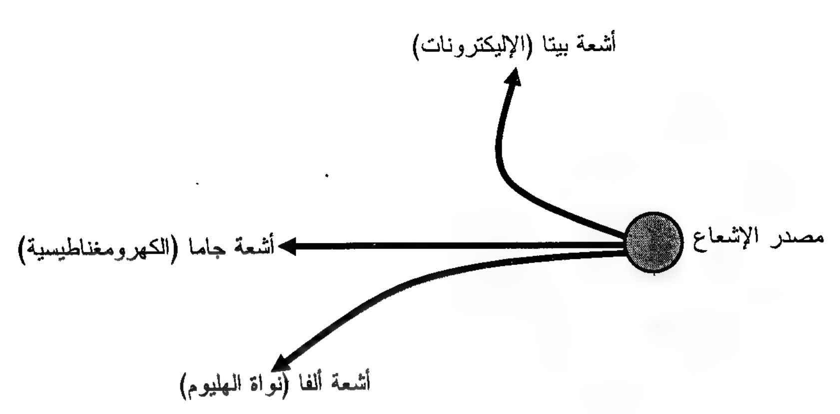
١٨٩٩

لقد قُدر للنيوزيلندي الأصل أرنست رذرفورد أن يكون واحدًا من أعظم علماء عصره، رغم أنه كان في منتصف العشرينيات في عام ١٨٩٧. فقد كان يعمل بالفعل بجانب جوزيف جون طومسون وغيره من البارزين في معمل كافندش المشهور في جامعة كامبريدج في إنجلترا. وكان جوزيف جون سريعًا بالفعل في متابعة الاكتشافات الجديدة التي تحدث في أي مكان آخر. ففي العام الماضي لذلك العام، كان هنري بيكيريل قد تمكن في باريس من اكتشاف أشعة غير متوقعة من الطاقة تنبعث من اليورانيوم (١٨٩٦). وقام كل من ماري وبيير كوري (١٨٩٨) في باريس أيضًا بتسمية هذه الظاهرة باسم "النشاط الإشعاعي". وقد قام جوزيف جون طومسون بتعيين رذرفورد للعمل على اكتشاف ماهية هذه الأشعة، وانشغل بهذه المهمة لعدة سنوات.

لقد ثبت أن النشاط الإشعاعي أكثر تعقيدًا مما بدا في البداية. وكان هناك أكثر من نوع من الأشعة. فالراديوم، الذي اكتشفه الزوجان كوري في عام ١٨٩٨، يشع نوعًا "خفيفًا" من الأشعة من الممكن اعتراضها بقطعة من الورق أو بعدة سنتيمترات من الهواء. واليورانيوم يطلق إشعاعًا "نفاذًا" كان أكثر قدرة على الاختراق. فأطلق رذرفورد على النوع الأول "ألفا"

والنوع الثاني "بيتا". وفي خلال عامين، ظهر نوع ثالث من الإشعاع أكثر قدرة على الاختراق، اكتشفه الفيزيائي الفرنسي بول فيلارد، وبالطبع تمت تسميته "جاما".

وافق على ذلك الباحثون الآخرون بما فيهم بيكيريل نفسه. وثبت أن المجالات المغناطيسية من الممكن أن تكون طريقةً أخرى لتصنيف الأشعة؛ فأشعة ألفا قد انحرفت بطريقة مختلفة عن تلك التي انحرفت بها أشعة بيتا. لذلك، كانت الأشعة تقريبًا عبارة عن مجموعة من الجسيمات المشحونة، حيث إن أشعة ألفا مشحونة بشحنة موجبة وبيتا بشحنة سالبة. وبحلول عام ١٩٠٠، أثبت بيكيريل أن أشعة بيتا تماثل جسيمات أشعة كاثود، التي كانت عبارة عن مجموعة من الإليكترونات. لم تتأثر أشعة جاما بالمغناطيسية إطلاقًا، مما يوضح أنها لم تكن جسيمات مشحونة. فقد ثبت أنها شكل من أشكال الإشعاع الكهرومغناطيسي – مثل أشعة إكس، ولكنها أقوى كثيرًا.



في هذا الرسم التخطيطي، تتمثل كل صورة من صور النشاط الإشعاعي كأنها تمر خلال مجال مغناطيسي يمتد رأسيًا خلال الصفحة. فالإليكترونات المشحونة بشحنة سالبة (جسيمات بيتا) انحرفت بشدة في اتجاه. أما نواة ذرة الهليوم (جسيمات ألفا)، فنظرًا لأنها مشحونة بشحنة موجبة وأثقل، انحرفت في الاتجاه الآخر ولكن بمقدار أقل. أما أشعة جاما، فنظرًا لأنها غير مشحونة (تشبه أشعة إكس)، فلا تتأثر بالمجال المغناطيسي. تعتبر أشعة ألفا هي أقل الأشعة طاقة والأسهل في اعتراضها، أما أشعة جاما فهي الأصعب في اعتراضها.

لقد استغرق رذرفورد وقتًا أطول بصدد التعرف على ماهية جسيمات أشعة ألفا، ولكنه تمكن في النهاية من تحقيق ذلك. وقد كانت هناك دلائل مبكرة على هذا الأمر، عندما تم

اكتشاف غاز الهليوم (١٨٦٨) لأول مرة على الأرض، وكان مختلطًا بمعدن اليورانيوم. وبحلول عام ١٩٠٣، تم العثور على الهليوم في كل مركب يحتوي على الراديوم. أكمل رذرفورد بحثه في هذا الصدد في عام ١٩٠٩ (بعد أن حصل على جائزة نوبل بالفعل). وقام بتجميع غاز يسمى الرادون تنبعث منه أشعة ألفا في أنبوب زجاجي، وجعله يضيء بتمرير الكهرباء خلاله. وكان طيف الضوء يشبه الطيف المنبعث من الهليوم تمامًا.

بذلك، كانت جسيمات ألفا عبارة عن ذرات هليوم ينقصها إليكترونين. وإذا كان جوزيف جون طومسون يعتقد أن إطلاق الإليكترونات يتطلب "انقسام الذرة" (١٨٩٩)، فإن إلقاء جسيمات ألفا الأثقل بمقدار ٨٠٠٠ مرة عبارة عن تحلل كلي. ومنذ ذلك الوقت، أصبح لدينا إدراك كبير لما يحدث من تفاعلات داخل المادة طوال الوقت، وهو الأمر الذي أسهم كثيرًا في تحقيق نتائج هائلة في هذا الصدد. ➜ رذرفورد ١٩٠٣

وقوع العالم كلفن في الخطأ

١٩٠٠

كان الفيزيائي الإنجليزي كلفن (وليم طومسون) رجلاً ذكيًا وواحدًا من أكثر علماء عصره تأثيرًا دون شك (١٨٤٦). ولكنه لم يكن معصومًا من الخطأ أو أنه كان يعلم كل شيء، فلا يوجد عالم بمثل هذه الصفات. ففي الواقع، أدلى كلفن ببعض الآراء الرسمية التي من شأنها تدمير سمعة أي شخص أقل منه.

لم يفقد كلفن الثقة في نفسه ولا في الفيزياء على الإطلاق. فذات مرة صرح قائلاً: "أنه ليس في مجال العلوم سوى الفيزياء، فسائر العلوم الأخرى لا ترقى لمستوى الفيزياء وليست إلا مجرد هوايات يمارسها بعض الأفراد". ومنذ تلك اللحظة، قد لا يكون من المدهش أن يصرح عدة مرات بأمور مثل "الراديو ليس له مستقبل" و"سيتبين أن أشعة إكس أشعة وهمية" و"أننا لن نتمكن على الإطلاق من الطيران في ماكينات أثقل من الهواء". وتجاوزت هذه التصريحات خطأه الذي وقع فيه فيما يتعلق بعمر الأرض (١٨٦٢)، والذي من الممكن التغاضي عنه على الأقل؛ حيث إن النشاط الإشعاعي (الذي يبطئ من المعدل الذي تبرد عنده الأرض) لم يكن قد تم اكتشافه بعد. ومع ذلك، لم يكن كلفن هو الشخص الوحيد الذي أدلى بمثل هذه التوقعات. فقد كان هاينريتش هيرتز، مكتشف الموجات اللاسلكية (١٨٨٨)، يشك في الأهمية العملية لتلك الموجات في يوم من الأيام.

جدير بالذكر أن كلفن أعلن في مؤتمر علمي عام ١٩٠٠ أن مهمة علم الفيزياء قد انتهت: "فلا يوجد شيء جديد يمكن للفيزياء اكتشافه. فكل ما تبقى عبارة عن قياسات تتسم بالمزيد والمزيد من الدقة". فقد صرح الأمريكي ألبرت مايكلسون ذات يوم (١٨٨٧) بما يشبه ما قاله كلفن، فقد كان يعتقد أن التقدم الوحيد في الفيزياء سيكون في التعبير عن الأرقام العشرية بالمنزلة السادسة. وكان هذا تعليقًا ندم عليه بعد ذلك.

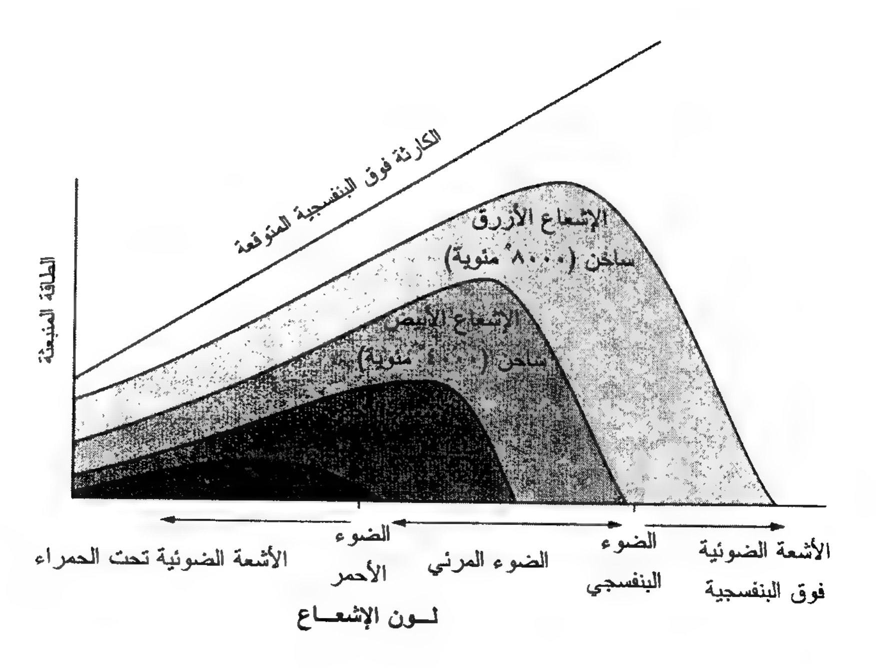
لكي نكون منصفين، فقد قام كلفن في ذلك الوقت بلفت انتباه مستمعيه إلى "سحابتين سوداوين" تلوحان في الأفق، ربما كان يظن أنهما سوف تهبان قريبًا. كانت إحداهما تعبر عن فشل مايكلسون ورفيقه أدوارد مورلي في اكتشاف الأثير (١٨٨٧)، أما السحابة الأخرى فقد كانت تعبر عن عدم ظهور "الكارثة فوق البنفسجية" المخيفة (بلانك ١٩٠٠). ويا لها من عاصفة ستهب من بين هاتين السحابتين. فالأولى سوف تطلق العنان لنظرية ألبرت آينشتاين المعروفة باسم النظرية النسبية الخاصة (١٩٠٤)، والأخرى سوف تفسح مكانًا للفيزياء الكمية (١٩٠٥). وهذا كله من الممكن أن يخلخل أسس الفيزياء التي يعرفها كلفن جيدًا.

إسهامات ماكس بلانك في مجال الطاقة

١٩٠٠

مؤخرًا في القرن التاسع عشر، احتار الفيزيائيون عندما فشلوا في أن يجدوا شيئًا ما من الضروري حدوثه كما توقعت نظرياتهم. فالظاهرة الغائبة كانت "الكارثة فوق البنفسجية"، وأدى عدم ظهورها إلى وقوع الفيزياء في اضطراب شديد. فالحسابات الجديدة، المبنية على قوانين الفيزياء المعترف بها، تقتضي أن أي عنصر ساخن – مثل قطعة من الخشب المحترق – يجب أن يطلق معظم طاقته كأشعة فوق بنفسجية حارقة، تعمي وتحرق كل من ينظر إليه. ومع ذلك، فكما نعلم، تظهر الطاقة بصورة أكثر شدة كالحرارة المشعة غير المرئية والضوء المرئي، كما قد استطاعت القياسات الدقيقة أن تجد القوانين التي تتحكم في انطلاق هذه الطاقة. فلا تحدث كارثة على الإطلاق.

لماذا توقع الباحثون حدوث كارثة فوق بنفسجية؟ فكر في فرن له فتحة صغيرة جدًا فقط للنظر من خلالها (قد يُطلق عليها الفيزيائيون اسم فجوة). كلما ارتفعت درجة الحرارة، تبدأ الطاقة في الاندفاع إلى الأمام وإلى الخلف في شكل "موجات ضوئية" من أنواع مختلفة وبأطوال موجية مختلفة من الأشعة الضوئية تحت الحمراء طويلة الموجة (هيرشل – ١٨٠٠)، خلال الألوان المختلفة للضوء المرئي وحتى الموجات فوق البنفسجية القصيرة جدًا (١٨٠٢).



تلخص الأربعة منحنيات المنخفضة من "منحنيات الإشعاع" ما تم قياسه قبل ذلك في أواخر القرن التاسع عشر. فكلما ازداد العنصر سخونة، زادت كمية الطاقة التي يشعها، وكذلك يتغير لون الإشعاع. أما العنصر الدافئ، فيشع طاقة تحت حمراء منخفضة التردد تقريبًا وبذلك تكون غير مرئية في الظلام. وفي درجات الحرارة العالية، يشع العنصر الدافئ طاقة ذات تردد متزايد، حتى تصبح بالترتيب "إشعاع أحمر" و"إشعاع أبيض" و"إشعاع أزرق".

يوضح الخط الرأسي ما توقع الفيزيائيون وجوده يومًا ما – ارتفاع حاد في الطاقة يظهر في صورة ضوء بنفسجي وأشعة ضوئية فوق بنفسجية عالية التردد. ولكن هذه "الكارثة فوق البنفسجية" لم تظهر بوضوح. وفي جميع الحالات، يصل الطيف إلى ذروته (معتمدًا على الحرارة فقط وليس على مادة صنع العنصر) قبل أن يهبط إلى الصفر في ترددات عالية ثابتة.

في وسط الاندفاع المشوش للإشعاع، ستكون بعض موجات الطاقة أقوى من غيرها. وسوف تكون هذه هي "الموجات المستقرة"، التي يتناسب طولها الموجي بدقة بمقدار عدة مرات معينة مع اتساع الفجوة (الحيز الذي تصدر منه). تأمل تأثير إصدار أي صوت مرتفع في دورة المياه، فقد تلاحظ أن ثمة بعض المقاطع من الصوت تبدو أعلى من غيرها، كما لو كان هناك صدى لها في دورة المياه. وتتطابق هذه الموجات الصوتية مرة أو أكثر مع بعضها بين جدران دورة المياه، فهذه هي "موجاتك المستقرة".

فكل موجة مستقرة هي عبارة عن عدد إجمالي لأطوال الموجات. وكلما قل الطول الموجي (أو كلما زاد التردد) للطاقة المشعة (كما في مثال الفرن)، زاد اختلاف الموجات المستقرة، والتي تكون أكثر في الضوء الأزرق منها في الضوء الأحمر، ولا تزال أكثر ثباتًا في الأشعة الضوئية فوق البنفسجية. وطبقًا لقانون تجزئة الطاقة بالتساوي (الغازات ١٨٦٨)، يجب أن تحمل كل موجة مستقرة جزءًا متساويًا من الطاقة المتاحة. وبذلك، ستحمل موجات الضوء الأزرق كمية أكبر من الطاقة (لأنه يوجد كم أكبر من الموجات المستقرة الممكنة) وتحمل فوق البنفسجية كمية أكبر منها. وفي الحقيقة، يجب أن يحمل العدد الكبير من الموجات المستقرة المرتبطة بالأشعة الضوئية فوق البنفسجية معظم الطاقة. وكانت هذه هي "الكارثة فوق البنفسجية" المتوقعة.

ثابت بلانك

هو عبارة عن ذلك العدد الذي يربط بين الطاقة التي يحملها الفوتون أو (الكم الضوئي) وتردد الإشعاع الكهرومغناطيسي المرتبط بها. وهو عدد صغير جدًا؛ لذلك، يبلغ تردد الفوتون الواحد من الضوء المرئي ألف مليون المليون دورة في الثانية (هيرتز) وله طاقة تعادل جزءًا من مليون المليون المليون من الجول. أما أشعة جاما وأشعة إكس اللتان لهما تردد عالٍ، فتحملان طاقة أكبر.

لا تحدث تلك الكارثة فوق البنفسجية ولا يوجد دليل عليها. ولكن كانت هناك كارثة في علم الفيزياء وقتها. فقد كان من الضروري وجود جزء ما من فيزياء القرن التاسع عشر خاطئ، أو على الأقل غير مكتمل؛ فسعى الباحثون للحصول على إجابات في هذا الشأن. أكثر الاقتراحات جرأة أتى من الفيزيائي الألماني ماكس بلانك، الذي صرح بأن المشكلة تكمن في الطريقة التي كانت تنتقل بها الطاقة بين الموجات المستقرة لتعطي كلاً منها جزءًا متساويًا من الطاقة. وفي رأي بلانك، لا يمكن أن تنتقل الطاقة مثل المياه، قطرة بقطرة، ولكن فقط بمقدار ما يملأ دلو. وكان يوجد أقل كمية متاحة من الطاقة – "مقدار" – من الممكن نقله.

الأكثر من ذلك، أن حجم الدلو - الذي من الضروري أن يكون مملوءًا لكي يتم نقله - يعتمد على تردد الإشعاع. فقد كان مقدار الطاقة في الضوء الأزرق أكبر منها في الأحمر وأكبر مرةً أخرى في الأشعة فوق البنفسجية. وفي معظم الحالات، من الممكن ألا يكون هناك طاقة كافية لملء دلاء الطاقة فوق البنفسجية؛ ومن ثم، لن تتلقى تلك الموجات المستقرة أية طاقة. لذا. ليس هناك وجود للكارثة فوق البنفسجية، ومن ثم، تم إنقاذ علم الفيزياء.

> **من النادر أن يشق أي ابتكار علمي مهم طريقه عن طريق الفوز التدريجي على المعارضين له وتحويلهم إلى صالحه. فما يحدث بالفعل هو أن المعارضين لأي ابتكار علمي يهلكون تدريجيًا، وبالتالي تعتاد الأجيال الجديدة على أفكار هذا الابتكار العلمي منذ البداية.**
>
> **ماكس بلانك**

نوعًا ما كان بلانك ببساطة يبذل جهدًا من أجل الطاقة مثلما تم عمل الكثير من أجل المادة والشحنة الكهربائية. وكان هناك أصغر وحدة ممكنة لتلك الكميات - الذرة والإليكترون. فأصبح هناك "ذرة طاقة" أيضًا. وكانت هذه خطوة مهمة إلى الأمام. وكان كم بلانك من الطاقة دقيقًا جدًا، فعادةً لا نلاحظ أن الطاقة لا تأتي إلا في مجموعات بحجم معين. ولكن بالنسبة لكل الأشياء الصغيرة مثل الذرات، تصبح الآثار أكثر وضوحًا. وهذا يؤدي بنا إلى مستهل عالم فيزياء الكم العجيب. وكان ألبرت آينشتاين أول من يفتح الطريق فيه (١٩٠٥).

جدير بالذكر أنه في الوقت الذي كانت تجرى به الحسابات، كانت الأشعة فوق البنفسجية لها أقصر طول موجي من بين الصور المعروفة للطاقة الإشعاعية. وسرعان ما اتضح أن أشعة إكس (١٨٩٥) هي طاقة إشعاعية لها طول موجي أقصر من الأشعة فوق البنفسجية، وأن أشعة جاما (النشاط الإشعاعي - ١٨٩٩) لا يزال طولها الموجي أقصر. عندما عرف الفيزيائيون ذلك الأمر، قاموا بالبحث عن كارثة أشعة إكس أو كارثة أشعة جاما. ولكن لم يستطيعوا العثور على أي منهما حتى الآن.



إعادة النظر في إسهامات جريجور مندل في قوانين الوراثة

تعد "الاكتشافات المتزامنة" – أي التي تحدث في الوقت نفسه – شيئًا مألوفًا في مجال العلم والتكنولوجيا. ويوجد كثير من الأحداث التي عمل فيها الباحثون كل على حدة، نتج عنها التوصل إلى الفكرة نفسها أو الاختراع نفسه في الوقت نفسه تقريبًا. على سبيل المثال، اكتشف كل من مايكل فاراداي وجوزيف هنري الحث الكهرومغناطيسي في عام ١٨٣١، كما نشر كل من تشارلز داروين (١٨٥٩) وألفرد والاس (١٨٥٨) أفكارهما عن التطور بالانتخاب الطبيعي في الوقت نفسه. وحدث هذا مع الاختراعات أيضًا. فقد ذهب ألكسندر جراهام بل وإليشا جراي، كل على حدة، إلى مقر الحكومة نفسه في اليوم نفسه عام ١٨٧٦ لتسجيل براءة اختراع التليفون. يبدو أنه منذ تلك اللحظة قد "حان وقت" بعض الاكتشافات هنا.

يعتبر المثال المأخوذ من عام ١٩٠٠ مثالاً خاصًا؛ حيث إنه يضم ثلاثة علماء يعملون كل على حدة: الهولندي هوجو دي فاريس والألماني كارل كورينز والنمساوي أريك تشيناك. قام جميع هؤلاء العلماء في ذلك الوقت بتربية النباتات وتهجين أنواع مختلفة منها لتحديد تلك القوانين التي حكمت توريث الصفات المختلفة. وأتت جميعها بنتائج متشابهة جدًا.

كانت المفاجأة الحقيقية عندما أجروا بحثًا على الموضوعات التي تناولت الفكرة من قبل، كما يجب أن يفعل أي عالم مشهور ليعرف ما إذا كان أي شخص آخر قام بالتوصل إلى الاكتشاف نفسه. ووجدوا جميعًا أن هناك شخصًا ما قد فعل ذلك من قبل – ألا وهو النمساوي جريجور مندل. ففي عام ١٨٦٥، قام مندل بنشر نتائج عشرات الآلاف من عمليات التهجين التي أجراها في إحدى الحدائق. ونظرًا لأنه لم يكن عضوًا في أية شبكة علمية، تم إهمال نتائج الأبحاث التي قام بها ونسيت بعد ذلك.

أما في عام ١٩٠٠، تمت إعادة النظر في النتائج التي توصل لها مندل مرةً أخرى، ودعمها ثلاثة علماء مشهورين في هذا المجال. فقد قام مندل بعرض تلك الصفات المختلفة – مثل ما إذا كانت النباتات طويلة أو قصيرة وما إذا كانت البذور ملساء أو متجعدة – والتي تنتقل إلى الجيل التالي عن طريق مجموعات مستقلة من الصفات الجينية الوراثية. وقد أطلق مندل على هذه الصفات الجينية الوراثية اسم "العوامل". وفي وقت ما بعد عام ١٩٠٠،

بدأت تسميتها بالجينات. وادعى كثير من العلماء أسبقية اختراع هذه الكلمة، ومنهم: دي فاريس والأمريكي والتر ساتون والدانمركي ولهلم جوهانسن. ومع هذا، فإن ذلك الأمر لا يهم حقًا؛ فقد أضيفت الكلمة إلى قاموس اللغة بالفعل، وتمثلت الخطوة التالية في العثور على أحد هذه الجينات (ساتون وبوفري - ١٩٠٢).

حقيقة الأشياء غير المؤكدة

١٩٠٠

بدأ القرن التاسع عشر بدايةً مبشرة؛ حيث ساد ذلك الاعتقاد بأن الطبيعة ما هي إلا آلة يمكن التنبؤ فعليًا بما يحدث فيها عند معرفة قدر وافٍ من المعلومات بشأنها. وكان عالم الرياضيات الفرنسي بيير لابلاس (١٧٩٦) جريئًا بشكل كافٍ لطرح ذلك الاقتراح الذي مفاده أننا إذا عرفنا موضع كل جسيم وحركته بالضبط في الكون في أية لحظة من اللحظات، فإنه يمكننا التنبؤ بالدورة المستقبلية لكل جسيم؛ وبالتالي نستطيع التنبؤ بمصير الكون نفسه. ويدل هذا على إمكانية التعرف على كل شيء ليس فقط بشكل مجمل، بل بالتفصيل أيضًا؛ حيث إن كل سؤال لا بد أن تكون له إجابة.

لكن، سرعان ما تلاشت تلك الفكرة المبشرة أمام الحقيقة الفعلية؛ حيث بدت الأرقام متعارضة مع هذه الفكرة. تحتوي أصغر عينة من الغاز على عدد كبير من الجزيئات. ومن ثم، فإن معرفة ما ستقوم بعمله كل هذه الجزيئات في أية لحظة من اللحظات تعتبر ضربًا من ضروب المستحيل من الناحية العملية. لذلك، مع حلول نهاية القرن العشرين، أصبحت علوم الميكانيكا (مثل المتعلقة بالغازات) معتمدةً على الإحصائيات والأرقام. فلم يكن الجدل الدائر متمركزًا على وظيفة كل جسيم على حدة، بل كان متمركزًا على المعدل المتوسط لنوع معين من الجسيمات. ولكن حتى في ظل هذا التيار من الشك وعدم التأكد، كان هناك قدر كبير من المعلومات المؤكدة والصحيحة. فقد قام العالم جيمس كلارك ماكسويل (١٨٧١) بوضع قوانين توضح كيفية توزيع سرعة الضوء الفعلية للجزيئات الغازية حول معدلها بطريقة تعتمد على التنبؤ. ويمكن أن نعرف الآن عدد الجزيئات التي سنعثر عليها بمعدل معين من سرعة الضوء، حتى لو لم نستطع التعرف على أي جزيء منها.

بدا المنهج المعتمد على "الاحتمالية" أو "الإحصائيات" مناسبًا في كثير من المواقـف. علـى سبيل المثال، إذا تم التفكير في عمل زي موحد جديد للجنود، فـستُظهر القياسـات الـتي تم أخذها لحجم الصدر توزيعًا متوقعًا حول المعدل المتوسط أو المقـاس الأكثـر شـيوعًا. يمكـن أن يكون الجندي المختار عشوائيًا ذا مقاس معين، ولكـن إذا كـان هنـاك ١٠٠ أو حتـى ١٠٠٠ جندي، تستطيع المتاجر المعنيـة معرفـة عـدد المحتـاجين بالـضبط إلى مثـل هـذه المقاسـات بدرجة عالية من الثقة والدقة. فقد اكتشف العالم فرنسيس جولتون في عـام ١٨٨٣، أن هـذه الأرقام تشكل توزيعًا طبيعيًا أو منحنىً بيانيًا يشبه منحنى الجرس. بعـد ذلـك، بـدأ تطبيـق معدل التوزيع في كل مكان — حتى في حالة توزيع الثقـوب الـتي يحـدثها إطـلاق الرصـاص حول هدف ما أو حتى في حالة إلقاء إحدى العملات في الكثير من اللعبـات..ويبـدو أن كـل حدث يكون في بداية الأمر عشوائيًا، ولكن تكرار حدوثـه لـه الكـثير مـن النتـائج والبيانـات والحقائق التي يمكن التأكد منها فيما بعد.

كان مقدرًا لهذا الفكر أن يناسب طبيعة القرن العشرين بكل بساطة ويُـسر. فمـثلاً، انظـر إلى اكتشاف النشاط الإشعاعي (١٨٩٦). فكما أوضح البحث بصورة سـريعة، انطلقـت كميـة متفجرة من الطاقة عند انحلال ذرة معينة. ولا يمكننا أن نتنبأ متى سـوف تنحـل أيـة ذرة، ولكننا نعرف بدقة شديدة عدد الذرات التي سـتنحل في مقـدار معـين مـن الوقـت. وبطريقـة أخرى، يمكننا التنبؤ بالمدة الزمنية التي يستغرقها نصف عدد ذرات مادة مـا في عينـة لكـي تنحل. وتُعرف فترة عمر النصف بالضبط لكل نوع من أنواع الذرات المشعة. ولكن، لا يمكننا معرفة ماهية مسار ذرة معينة؛ حيث إن هذا لا يهمنا حقًـا. فمـا يهـم فعـلاً هـو مـسار كـل الذرات معًا، وهذا ما يمكننا معرفته حاليًا.

١٩٠١-١٩٥٠

أوضاع العالم في تلك الفترة

شهد النصف الأول من القرن العشرين نوعين من الصراعات العالمية - في الفترة الممتدة من ١٩١٤ إلى ١٩١٨ وكذلك في الفترة من ١٩٣٩ إلى ١٩٤٥ - وقد ضم هذان النوعان من الصراعات أطرافًا كثيرة دعت إلى تسميتهما بالحربين العالميتين الأولى والثانية، بالرغم من تسمية الحرب العالمية الأولى بالحرب الكبرى. فقد اشتركت معظم الدول الأوروبية ودول كثيرة حول العالم في كلتا الحربين. في هاتين الحربين، تمت هزيمة قوات الحلفاء بقيادة ألمانيا، لينتهي بذلك عهد من الازدهار والنجاح العسكري على مدار أكثر من ٢٠٠ عام في أوروبا على يد تلك القوات التي تجمعت حول بروسيا. وضمت قائمة الدول المنتصرة في الحربين العالميتين الأولى والثانية فرنسا وبريطانيا وروسيا والولايات المتحدة الأمريكية. ظهرت آثار كلا الحربين معًا في أوروبا على الأقل؛ حيث خلفت الحرب العالمية الأولى مشكلات سياسية وإقليمية أدت فيما بعد إلى نشوب الحرب العالمية الثانية.

لقد اعتمدت الحرب العالمية الأولى والحرب العالمية الثانية بدرجة غير مسبوقة على التطور والتقدم اللذين حدثا في مجالي العلوم والتكنولوجيا، حيث استخدمت الدبابات لأول مرة عسكريًا بالإضافة إلى استخدام الطائرات أو المقاتلات الحربية والعربات المدرعة والموجات اللاسلكية والغازات السامة في الحرب العالمية الأولى. كما شهدت الحرب العالمية الثانية استعمال الرادار والصواريخ والمحركات النفاثة والأسلحة النووية وأجهزة فك الشفرات.

في الوقت ذاته، أدت هاتان الحربان إلى تحفيز التقدم العلمي والتكنولوجي. فعلى سبيل المثال، تم تشجيع إنتاج المضاد الحيوي المعروف باسم البنسلين في أثناء اندلاع الحرب بعد مرور عقد من الزمان على اكتشافه لسد احتياجات الجنود منه. كذلك، فقد أدى اختراع الرادار إلى التعرف على بعض المعلومات التكنولوجية وبعض الملاحظات التي قادت فيما بعد إلى الارتقاء بعلم الفلك الإشعاعي. كذلك، فقد دعت الحاجة إلى تصنيع القنبلة الذرية إلى

تأسيس أول المعامل الكبرى المحلية وتوظيف آلاف من الباحثين في الولايات المتحدة الأمريكية. وأدت ضرورة فك الشفرات الخاصة بالعدو إلى تصنيع أول نوع من أجهزة الكمبيوتر الكبيرة ولكنها كانت بدائية في أول الأمر.

لقد تورطت الكثير من الدول الأوربية في العديد من المناورات والصراعات العسكرية. فقد شنت بريطانيا الحرب المعروفة باسم حرب البور في جنوب أفريقيا حتى عام ١٩٠٢، وأحكمت العديد من القوى الأوربية الأخرى قبضتها على المستعمرات في أفريقيا. كذلك، فقد تنازعت روسيا مع اليابان (١٩٠٢-١٩٠٤)، كما كانت بريطانيا تعاني من قلاقل في أيرلندا، واندلعت الحرب الأهلية في أسبانيا في ثلاثينيات القرن العشرين. تخللت أنواع أخرى من الصراعات بين الحربين العالميتين الأولى والثانية. فقد أدى الإسراف المالي وبعض صور المضاربات المالية إلى انهيار أسواق البورصة في عام ١٩٢٧، لتبدأ بذلك أزمة اقتصادية كبرى لم تنتهِ إلا باندلاع الحرب العالمية الثانية.

استطاعت الحكومات المستبدة الإمساك بزمام الحكم في العديد من البلدان. وبحلول فترة الثلاثينيات من القرن العشرين، تحالف كل من الديكتاتور الألماني أدولف هتلر والديكتاتور الإيطالي بنيتو موسوليني لقيادة بلادهما إلى الدخول في الحرب العالمية الثانية في جبهة واحدة معًا. كذلك، فقد كان هناك ديكتاتور آخر في النمسا قبل اكتساح القوات الألمانية لها في الحرب. كما وقعت روسيا - التي كانت جزءًا من الاتحاد السوفيتي - تحت سيطرة الحكم الديكتاتوري على يد جوزيف ستالين الذي أضاف إلى قائمة الأشخاص المفضلين لديه عالم الجينات تريوفيم ليسينكو، الذي تلاءمت أفكاره عن التطور مع أهداف ستالين السياسية. بينما انطفأ بريق العلوم التقليدية في تلك الفترة.

فنون وأفكار

بدأ القرن العشرين في أوروبا في أوج ازدهار مبدأ الحقائق المؤكدة في نهايات القرن التاسع عشر، فضلاً عن سيادة الرخاء والتوسعات الاستعمارية. ولكن، سرعان ما تحطم كل ذلك عندما اندلعت كارثة الحرب العالمية الأولى. ففي الفترة ما بين انتهاء مأساة الحرب العالمية الأولى وبين بداية الكساد الاقتصادي العالمي، تحولت الحياة في أوروبا والولايات المتحدة

الأمريكية إلى حياة مليئة بالشكوك والمخاوف؛ حيث ظهر ذلك من خلال إيقاع الحياة وانتشار موسيقى الجاز في فترة العشرينيات من القرن العشرين.

لقد كان نتاج العقول المبدعة هائلاً في مجالات مختلفة مثل الموسيقى والأدب والفنون والأفكار والنظريات العلمية والفلسفية. وجاء هذا الإبداع بأشكال جديدة وأساليب تجريبية حديثة، والتي عكست الكثير منها حالة الشك التي اتسم بها هذا القرن. ففي مجال الرسم، ظلت فرنسا رائدة لهذا المجال حيث استطاع الفنانون المبدعون فيها تطوير الحركة التقليدية الانطباعية أمثال موريس أوتريلو وهنري ماتيس وكميل بيسارو وكلود مونيه وغيرهم.

في روسيا، كان الفنانون - أمثال مارك شاجال وواسلي كاندينسكي - يعبرون عن مواقف أشد حدة وتطرفًا بصدد المشاكل التي أحاطت بهم. وفي أسبانيا، كان الوضع مماثلاً؛ حيث ظهر بعض الفنانين - أمثال سلفادور دالي وبابلو بيكاسو - الذين عبروا عن الوضع ذاته؛ فصورت مختلف أعمالهم الفنية مظاهر الرعب والفزع من الحرب الأهلية الأسبانية. ظهر فيما بعد الفنان الأمريكي جاكسون بولوك. وعرفت ألمانيا مجموعة من الفنانين أنصار الحركة التعبيرية والذين مثلهم الفنان أرنست كيرخنر. وفي الدول التي سادها الحكم الاستبدادي الديكتاتوري، مثل ألمانيا والاتحاد السوفيتي آنذاك، كان الفن يخدم الأهداف الأيديولوجية والسياسية.

شهدت الموسيقى في ذلك الوقت امتدادًا لرومانسية القرن التاسع عشر، والتي امتزجت غالبًا بالموروث الشعبي والفلكلور الخاص بكل دولة. ففي بريطانيا، كان هناك رالف فون ويليمز ووليم والتون وفريدريك ديليوس وجوستاف هولست وأدورد ألجار. وفي فرنسا، كان هناك الفنانان موريس رافيل وكلود دوبوسي، بينما في روسيا، كان هناك الفنان سيرجي رخمانينوف، وفي ألمانيا كان هناك الفنان ريتشارد شتراوس، وفي إيطاليا كان هناك الفنان جيياكومو بوتشيني. من ناحية أخرى، قام بعض الملحنين بتغيير أساليبهم تمامًا عن الأساليب المتبعة في الماضي؛ ومن أمثال هؤلاء الملحنين إيجور سترافينسكي وسيرجي بريكوفيف في روسيا، وأرنولد شونبرج وألبن بيرج في ألمانيا.

كانت الولايات المتحدة في ذلك الوقت تحاول أن تجعل لنفسها أسلوبها الموسيقي المميز من خلال سكوت جوبلن وإيرفينج بورلين، ثم فيما بعد من خلال جورج جيرشوين وجيروم كيرن، اللذين لم يكتبا فقط أغاني شعبية بل قاما بتأليف وتلحين موسيقى للمسرح. ولكن كانت هناك قوة صاعدة في مجال الموسيقى في الولايات المتحدة الأمريكية وفي أماكن أخرى، ألا وهي موسيقى الجاز، والتي انبثقت من الموسيقى الأفريقية والتحول السريع من الأشكال المبكرة لتلك الموسيقى إلى التطور الذي شهدته الموسيقي بشكل عام في الثلاثينيات من القرن العشرين. وقد اهتم الكثير من الموسيقيين بموسيقى الجاز؛ فدأبوا على تطويرها بجدية. جدير بالذكر أن جميع أنواع الموسيقي تم تطويرها بواسطة النمو الكبير لصناعة المسجلات الصوتية آنذاك.

استمر الروائيون في اكتشاف أنواع جديدة لتأريخ أوقاتهم المتغيرة. من بين هؤلاء الروائيون سكوت فيتسجيرالد وسنكلير لويس وأرنست همنجواي وجون شتانبيك وجيرترود شتاين من الولايات المتحدة، سومرست موم وأدورد مورجان فورستر وفيرجينيا وولف وجراهام جرين وإيفلين وو ودايفيد هربرت لورنس وجون جولزووردي من إنجلترا، ومارسيل بروست وجان كوكتو من فرنسا، ومكسيم جوركي من روسيا وتوماس مان وفرانز كافكا من ألمانيا وجيمس جويس من أيرلندا.

كذلك، كان هناك عدد كبير من الشعراء أمثال روبرت فروست وعزرا باوند من الولايات المتحدة الأمريكية، وتي. إس. إيليوت وويستان أودن وولفرد أووين ووولتر ديلامار من إنجلترا، ورينر ماريا ريلكه من ألمانيا، ووليم بتلر ييتس من أيرلندا.

استطاع رواد المسرح للمرة الأولى في ذلك الوقت الاستمتاع بمشاهدة مسرحية Peter Pan لمؤلفها جيمس باري ومسرحية The Playboy of the Western World للمؤلف جون ميلنتون سنج ومسرحية Death of a Salesman للمؤلف آرثر ميلر، ومسرحية Long Day's Journey into Night للمؤلف يوجين أونيل ومسرحية Pygamlion للمؤلف برنارد شو ومسرحية Private Lives للمؤلف نوييل كاوارد ومسرحية Antigone للمؤلف جان أنوي ومسرحية A Streetcar Named Desire للمؤلف تينيسي وليمز. ولكن تمثلت أكثر الأساليب الثقافية تأثيرًا في السينما، وخاصةً مع مجيء الأفلام الصوتية في عام ١٩٢٧.

كانت هناك وفرة من المفكرين ذوي الأفكار الجديدة مثل العالم النفسي كارل يونج ووليم جيمس صاحب كتاب The Varieties of Religion Experience وماكس فيبر صاحب كتاب The Protestant Ethic and the Rise of Capitalism وكارل بوبر صاحب كتاب The Open Society and its Enemies وسيمون دي بوفوار صاحب كتاب The Second Sex. كما ساهم كل من أولدوس هكسلي صاحب كتاب Brave New World وجورج أورويل (١٩٨٤) في تقديم رؤية مزعجة عن المستقبل مثلما فعل الديكتاتور هتلر صاحب كتاب Mein Kampf.

إسهامات العلماء في الطاقة والجين والكون

في أثناء النصف الأول من القرن العشرين، تقدم العلم في جميع المجالات إلا أن هذا التقدم كان ملحوظًا بدرجة كبيرة في ثلاثة فروع. فقد استطاعت علوم الفيزياء النووية والفيزياء الكمية أن تكشف عن ذلك العالم الصغير جدًا المكون من ذرة أو أقل منها. كذلك، فقد تم التعرف على موضع الأرض في الكون بين المجرات الأخرى التي لا حصر لعددها والتي تملأ الفضاء كله. وبين هذه النقاط الغامضة، اقتربنا أكثر من حل لغز الوراثة عن طريق كشف النقاب عن التركيبات والمواد الكيميائية التي تتحكم في عملية الوراثة.

ربما يكون العالم ألبرت آينشتاين هو الأكثر شهرةً في ذلك الوقت؛ حيث تضمنت اكتشافاته الكبرى النظرية النسبية العامة والنظرية النسبية الخاصة. ولكنه اعتمد على إسهامات العلماء الآخرين نظرًا لانتشار العباقرة في كل مكان آنذاك، واحتاج إلى علماء آخرين لمساعدته لتأكيد تنبؤاته ونظرياته.

بحلول منتصف القرن العشرين، تم اكتشاف أول انشطار نووي وتم بناء أول مفاعل ذري، كما تم التنبؤ بالمادة المضادة واكتشافها. وتم الكشف عن مصدر طاقة الشمس وإلقاء الضوء على الموضوع المتعلق بأصل العناصر. كما تم التقاط إشارات الراديو (الموجات اللاسلكية) واكتشاف الإشعاع الكوني الساقط على الأرض من الكواكب والأجسام الأخرى. وقد تم وضع نظام خاص بين النجوم المتنوعة كما استطاع العلماء استنتاج المصير النهائي للنجوم ذات الأحجام الضخمة.

كذلك، فقد تم التعرف على أن الحركة عملت على تغيير مقاييس الطول والوقت والكتلة والجاذبية. وتم إدراك حلم علماء الكيمياء القديمة وتحويل عنصر كيميائي إلى آخر مرات عديدة. وفي الوقت ذاته، أدركنا عدم قدرتنا على القياس بدقة لكل ما يتعلق بحركة الجسيمات الدقيقة.

لقد اشتملت الاكتشافات الطبية العظمى، على اكتشاف الدور الحيوي للفيتامينات ووجود الأنسولين وفصائل الدم المختلفة والبنسلين والعلاج الكيميائي لمرض الزهري، كما تم العثور على الدليل على تأثير التكييف على السلوك الإنساني. كذلك، فقد اتضح تأثير النشاط الإشعاعي؛ حيث إنه قادر على أن يكون سببًا في الشفاء وفي الهلاك أيضًا.

في مجال العلوم الأرضية، تم تقديم نظريتين في ذلك الوقت وكان لا يُفضل البدء بأي منهما، إلا أنه بعد ذلك تمت إعادة النظر فيهما والاستعانة بهما. تمثلت النظرية الأولى في مفهوم زحزحة القارات والنظرية التي مفادها أن تأثير قوة جذب الكواكب الأخرى على الأرض تؤدي إلى حدوث العصور الجليدية. كما مكنا النشاط الإشعاعي من معرفة التقديرات الأولية الموثوق بها عن عمر الأرض. كما وفَّر مقياس ريختر مقياسًا لمعرفة قوة الزلازل.

يتضمن كل هذا التحول المتزايد في الطريقة التي تُنظَّم وتُدعَّم بها النهضة العلمية. ويزيد اهتمام الحكومات في هذا الصدد وخاصةً عندما تساهم المعرفة الجديدة في دعم قدرات الدفاع القومي أو النمو الاقتصادي. وتنشئ بعض البلاد معامل قومية (مثل معامل بريطانيا الخاصة بالأبحاث العلمية والصناعية) من أجل اكتشاف العديد من نقاط الاهتمام. وتمثل أضخم هذه المعامل في المشروع الضخم في مدينة مانهاتن الذي أسسته الولايات المتحدة الأمريكية في الأربعينيات من القرن العشرين لتطوير العلوم والتكنولوجيا المتعلقة بالأسلحة النووية. لقد عمل هذا على وضع نموذج لما سيكون عليها العالم أجمع في المستقبل.

فضلاً عما ابتكره توماس أديسون عام ١٨٨٢، تم استخدام العلم في مجالي العمل والصناعة لتطوير منتجات جديدة أو العثور على حلول لمشاكل الإنتاج. وازداد نشاط الكثير من العلماء عن ذي قبل، كما ازدادت أعداد الجامعات والمستشفيات ومراكز الأبحاث التي عمل فيها كثير من العلماء وأصبحت مزودة بخدمات أفضل. كذلك، فقد أصبحت مهنة العالم مهنة محترمة. أما الآن، فقد أصبح يتم التوصل إلى بعض الاكتشافات المهمة من قبل الأشخاص الهواة والأشخاص الذين يعملون في مجال العلم فترة مؤقتة.

تمثل تكنولوجيا المعرفة - كما كان في القرون السابقة - قوة دافعة وخاصةً مع التوصل إلى الاختراعات الإليكترونية العجيبة والتي تتعقب وتجسد الإشارات الخافتة. وساهمت الغرف السحابية في الفيزياء النووية والتليسكوبات الكبيرة الجديدة في علم الفلك والميكروسكوب الإليكتروني في علم الأحياء في الكشف عن كل ما كان مجهولاً وغامضًا كما لوحظ ازدياد سرعة إيقاع عمليات الاكتشاف.

إسهامات العالم هوجو دي فاريس في علم الوراثة

١٩٠١

يعتبر العالم الهولندي هوجو دي فاريس واحدًا من بين ثلاثة علماء، الذين قاموا في عام ١٩٠٠ بإعادة اكتشاف إسهامات العالم جريجور مندل التي توصل إليها منذ ما يقرب من أربعين عامًا (١٨٦٥) في ذلك الوقت والخاصة بقوانين الوراثة في علم الأحياء. وبعد ذلك التاريخ بعام، أضاف هوجو دي فاريس الكثير من الإسهامات لهذه القوانين، للاستجابة لأحد أكثر الاعتراضات الخاصة بالعالم تشارلز داروين ونظريته عن التطور (١٨٥٩). فقد ادعى داروين أن أي جيل من الكائنات الحية يحتوى على بعض السمات التي تميزه عن غيره من حيث الشكل الظاهري. فقد يكون لبعض الكائنات سمات مميزة في أجسامها أو سلوكها تجعلها قادرة على البقاء على قيد الحياة لمدة أطول وتربية صغارها لتوارث هذه السمات. وقد لخص داروين هذه العملية في العبارة المعروفة "البقاء للأصلح". ولكن من أين تكتسب هذه الكائنات هذه الميزة؟ وما مصدر التعدد والاختلاف بين جميع أنواع الكائنات؟ لم يستطع داروين أن يجد أية إجابة وافية عن هذين السؤالين، بالرغم من أن تجاربه الخاصة التي أجراها على تربية الحمام أظهرت مدى الاستفادة التي يمكن الحصول عليها من خلال هذه الاختلافات والفروق عند حدوثها.

اعتقد عالم الأحياء الفرنسي جان لامارك (١٨٠٩) أن الكائنات الحية اكتسبت هذه القدرات الجديدة عن طريق التكيف بالفعل مع البيئة المحيطة بها ليظهر تأثير هذا التكيف وينتقل إلى صغارها. فقد تطورت أنواع الطيور التي تغوص في المياه والبرك وأصبح لديها سيقان طويلة لكي تتمكن من الخوض في مياه أكثر عمقًا بحثًا عن الغذاء. وخلال قرن كامل من الزمان تقريبًا في ملاحظة ذلك، لم يلحظ أي شخص هذه النظرية تحدث على أرض

الواقع. وقد بحث العالم مندل عن إمكانية حدوث مثل هذه النظرية، واكتشف أن تهيئة بيئة واحدة لمجموعة مختلفة من النباتات التي تتم تربيتها جنبًا إلى جنب لا يؤدي إلى حدوث تأثيرات ملحوظة على الأجيال المتعاقبة من هذه النباتات.

ففي ذلك الوقت، بدا أن نظرية العالم لامارك لا تتحقق في جميع الأحوال. واكتشف عالم الأحياء الألماني أوجست وايسمان أنه في مرحلة مبكرة للغاية من تطور النباتات أو الحيوانات (أي في حوالي اليوم ٥٩ للجنين في الإنسان) تتكون خلايا معينة بجوار بعضها البعض لتقوم بأداء دور معين؛ حيث تكون الأمشاج والخلايا النصفية في صورة بويضات ومبايض وسائل منوي وحبوب لقاح مسئولة عن نقل الصفات الوراثية إلى الأجيال التالية. بعد ذلك اليوم، لم يحدث أي شيء آخر يمكنه التأثير على محتويات الخلايا، وكذلك على السمات التي يتم توارثها.

لذلك، فإن التنوع بين صفات الكائنات التي تنتمي لأصل أو فصيلة واحدة، كان لا يزال يحتاج إلى تفسير والمزيد من الشرح. ذات يوم، في الثمانينيات من القرن التاسع عشر، كان العالم دي فاريس يجري تجارب على زهور الربيع. فلاحظ من وقت لآخر التغييرات المفاجئة في بعض سمات النباتات من جيل إلى جيل آخر، وهي تلك التغييرات التي أصبحت شيئًا حقيقيًا. وربما ظهر مرةً أخرى مبدأ "البقاء للأصلح" ليس كسلسلة من التغييرات التي لا يمكن إدراكها، ولكن لكي يتم تطبيقه على الانتقالات الوراثية الضخمة والحاسمة، والتي تصل إلى درجة ترجح بالفعل تطبيق هذا المبدأ عليها بناءً على نظرية العالم داروين الخاصة بالانتخاب الطبيعي.

لقد أطلق العالم دي فاريس على هذه التغييرات مصطلح "طفرة". وأثبتت زهور الربيع الخاصة بتجاربه أنها ليست كمثل باقي الكائنات الحية على وجه العموم؛ حيث كانت معظم الطفرات الوراثية صغيرة جدًا ومن الصعب ملاحظتها، ولكن ظلت الفكرة والاسم المخصص لها عالقين في تاريخ العلم. وتمثل التحدي الآن في اكتشاف كيفية حدوث هذه الطفرات الوراثية. فإذا كانت الصفات الوراثية تنتقل عن طريق الحامض النووي الذي يوجد داخل كل خلية من الخلايا، كما هو معترف به على نطاق واسع حاليًا (هيدفيج ووايسمان ١٨٨٤)، فلا بد أن تحدث الطفرات الجينية في منطقة ما في الخلية أيضًا (١٩٢٦).

إسهامات أوليفر هيفيسايد وآرثر كنيلي في دراسة الإشارات اللاسلكية

١٩٠٢

عندما خطَّط العالم جوليلمو ماركوني للمرة الأولى (١٨٩٥) لإرسال إشارات لاسلكية عبر المحيط الأطلنطي في ديسمبر عام ١٩٠١، انتاب الكثيرون الشك في إمكانية نجاحه. وقال علماء الفيزياء إنه إذا كانت موجات الإشارات اللاسلكية مثل موجات الضوء، فإنها سوف تنطلق مباشرةً إلى الفضاء الخارجي. فالإشارة اللاسلكية التي يتم إرسالها من مدينة كورنوول لا يمكن أن تصل أبدًا إلى نيو فاوندلاند، حيث إنها أدنى من الأفق. ولكن المثير هو ثقة ماركوني الشديدة في نجاح هذا الأمر. سجل التاريخ نجاح وصول الإشارة إلى نيو فاوندلاند. لذلك، كان ينبغي على علماء الفيزياء العاقلين إعادة التفكير مرة أخرى فيما فكر فيه ماركوني.

تم العثور على حل لما حدث في تجربة ماركوني في عام ١٩٠٢ على يد العالم الأمريكي آرثر كنيلي والعالم الإنجليزي أوليفر هيفيسايد بعد ذلك ببضعة شهور. فقد اعتقد العالمان في ضرورة وجود طبقة عاكسة في الغلاف الجوي، لتعمل كمرآة عاكسة للإشارات اللاسلكية. وهكذا لا بد أن الإشارات اللاسلكية كان ترتد مرةً أخرى بين هذه المرآة وبين سطح المحيط حتى تصل إلى نيو فاوندلاند. ولتكريم هذين العالمين، تم وضع اسمهما على الطبقة العاكسة للإشارات اللاسلكية ألا وهي طبقة كنيلي وهيفيسايد.

في الغلاف الجوي		
٢٥٠ كيلو مترًا		٢٤٠ كيلو مترًا: مدارات سفن الفضاء
٢٠٠ كيلو متر		رؤية الشفق (من مسافة ٢٤٠ كيلو مترًا لأسفل حتى ١١٠ كيلو متر) ٢٠٠ كيلو متر: طبقة الأيونوسفير
١٥٠ كيلو مترًا	الثرموسفير/الأيونوسفير	١٥٠ كيلو مترًا: صواريخ سبر تصل لهذه المسافة (لجمع المعلومات) ١٢٠ كيلو مترًا: طبقة الأيونوسفير (رؤية الشفق حتى مسافة ٢٣٠ كيلو مترًا فوق سطح الأرض) ١٠٠ كيلو متر: طبقة الأيونوسفير



٩٠ كيلو مترًا	بداية طبقة الميزوسفير – عند ١٠٠° مئوية	
	طبقة الميزوسفير	٨٠ كيلو مترًا: احتراق الشهب (سقوط النجوم)
٥٠ كيلو مترًا	بداية طبقة الستراتوسفير عند صفر درجة مئوية	ضغط الهواء: ١ ملليبار
	طبقة الستراتوسفير	٤٠ كيلو مترًا: وصول منطاد لقياس الأحوال الجوية ٣٠ كيلو مترًا: وصول طائرات التجسس ٢٠ كيلو مترًا: طبقة الأوزون التي تحجب الأشعة الشمسية فوق البنفسجية
١٥ كيلو مترًا	طبقة التروبوبوز عند ٥٠° مئوية	ضغط الهواء: ١٠ ملليبار
السطح	طبقة التروبوسفير	منطقة الطقس ضغط الهواء: ١٠٠٠ ملليبار

يعرض هذا الجدول شريحة من الطبقة السفلى في مجالنا الجوي لمسافة أقل من ٢٥٠ كيلو مترًا، وفقًا للدراسات الحديثة. فضغط الهواء يقل عند الصعود فوق مستوى سطح الأرض. وفي قمة طبقة الستراتوسفير، يعتبر ضغط الهواء واحدًا من الألف من قيمته عند مستوى البحر. وتشغل نسبة ٩٩,٩٪ من هوائنا مستوى أقل من هذه الطبقة. وتقل درجة حرارة الهواء في طبقة التروبوسفير وترتفع في طبقة الستراتوسفير ثم تقل في طبقة الميزوسفير وترتفع في طبقة الثرموسفير. وتعرف الحدود الفاصلة بين هذه الطبقات الجوية بالفواصل مثل الطبقة الفاصلة التروبوبوز لتوضيح أن درجة الحرارة قد توقفت عن الانخفاض ثم بدأت في الارتفاع مرةً أخرى والعكس صحيح.

تكون طبقة الأيونوسفير في أكثر الدرجات سمكًا في ثلاثة مستويات مختلفة، بحيث تعكس كل طبقة الأشعة اللاسلكية وتمتص ترددات مختلفة منه. وتعتبر طبقة الأوزون (١٩٧٤) أكثر سمكًا في الجزء السفلي من طبقة الستراتوسفير. وتتكون كل من طبقتي الأوزون والأيونوسفير بواسطة الأشعة فوق البنفسجية وأشعة إكس الصادرة من تأثير أشعة الشمس على ذرات الأكسجين والنيتروجين.

لم تتم معرفة أي شيء عن تلك الطبقة العاكسة بخلاف حقيقة وجودها، بالرغم من أن ماركوني قد لاحظ أن الإشارات المرسلة عبر تلك الطبقة بدت أقوى في النهار عنها في الليل. فقد مر حوالي ربع قرن قبل التوصل إلى معلومات أكثر أهمية. فقام العالمان الأمريكيان جريجوريوس بريت وميرلي تيوف بقياس مدى ارتفاع تلك الطبقة العاكسة، بواسطة إرسال نبض من موجات لاسلكية ومحاولة معرفة كم استغرقت من الوقت في أثناء رجوعها. أوضح

ذلك أن الطبقة تبلغ من الارتفاع ما يزيد عن ١٠٠ كيلو متر فوق سطح الأرض، بالرغم من اختلاف هذا الارتفاع من منطقة لأخرى. وبعد ذلك، اكتشف العلماء وجود طبقات عاكسة أخرى بخلاف هذه الطبقة التي تم اكتشافها في البداية.

بحلول ذلك الوقت تقريبًا، تمكنا من معرفة بعض الأسباب لوجود مثل هذه الطبقات العاكسة. فالأشعة فوق البنفسجية وأشعة إكس اللتان تنبعثان من الشمس تتصادمان مع الذرات في الهواء مع وجود طاقة كافية لإزاحة بعض من شحنات هذه الذرات الإليكترونية، تاركةً خليط من الشحنات الإليكترونية والذرات المشحونة (أيونات). وبما أن للموجات اللاسلكية مجالات كهربائية ومغناطيسية ذات طبيعة خاصة، يعمل هذا الخليط من الأيونات والشحنات الإليكترونية عمل المرآة لكي يعكس الموجات التي تصطدم به. وتقل عملية التأين بمجرد أن تغرب الشمس، مما يفسر ضعف الطبقة العاكسة في أثناء فترة الليل.

لقد اقترح المهندس الاسكتلندي روبرت واتسون وات أن يطلق على هذه الطبقة اسم طبقة الأيونوسفير، وهو المصطلح المناسب لها. حقق واتسون فيما بعد شهرة كبيرة عندما اخترع الرادار. وتساعد تكنولوجيا الرادار في الاستفادة من الأساليب المتطورة كثيرًا لاستكشاف طبقة الأيونوسفير، مثل أسلوب قياس المسافات البعيدة.

إسهامات والتر ساتون وثيودور بوفري في عمل الجينات

١٩٠٢

في عام ١٩٠٠ عندما تمت إعادة النظر في العمل الرائد الذي توصل إليه جريجور مندل (١٨٦٥)، أكد ثلاثة باحثين – كل على حدة – ما توصل إليه مندل. ومن هذه النتائج التي توصل إليها مندل، نذكر السمات المتنوعة التي تنتقل من جيل إلى جيل كما لو كانت يتم التحكم فيها من قبل مجموعات من العوامل المنفصلة في شكل أزواج. أطلق مندل على هذه السمات مصطلح "العوامل"، بينما الاسم الحديث لها هو الجينات. ولكن أين توجد هذه الجينات؟ وكيف يظهر تأثيرها؟

اعتقد الباحث الأمريكي والتر ساتون في أن هذه العوامل ربما تكون مرتبطة ومتشابكة معًا في مكان ما داخل الكروموسومات – وهي تلك الأشكال التي تشبه الخيوط فتظهر وتختفي داخل نواة الخلايا في الوقت الذي تنقسم فيه الخلية إلى جزأين. وطبقًا لما أسماه العالم وولتر

فليمينج (١٨٦٩) بالانقسام الفتيلي، تتكون الكروموسومات بعدد مُضاعَف، ثم تنفصل عن بعضها، لتأخذ كل خلية جديدة صورة جديدة مماثلة من كل كروموسوم.

في أثناء تجاربه على الجراد، كان على ساتون أولاً أن يلاحظ أن الكروموسومات تتكون في أزواج؛ ولذلك دائمًا ما يكون للكروموسومات عدد زوجي. ويكون كل كرموسوم متطابقًا مع الكروموسوم الآخر في كل زوج من أزواج الكروموسومات بشكل واضح، ولكن من الملاحظ أن كل زوج يختلف عن غيره من حيث الشكل. وعندما تأمل ساتون كل زوج من العوامل الوراثية (الجينات) التي توصل إليها مندل، تساءل ما إذا كان كل كروموسوم في كل زوج من هذه الأزواج قد يحمل جينًا واحدًا من كل زوج من الجينات. ومن أجل تطبيق قوانين مندل عن الوراثة، لا بد أن يصدر جين واحد من كل من الوالدين. ولكن، كيف يمكن أن يتحقق هذا؟

تمكن ساتون من الإجابة عن هذا السؤال من خلال النوع الأقل شيوعًا في تقسيم الخلية والذي يسمى غالبًا بالانقسام الاختزالي (المنصف)، إلا أنه أطلق عليه مصطلح الانقسام الفتيلي. وبدلاً من تكوين خلايا كاملة (ثنائية الصيغة الصبغية) كما يحدث في الانقسام الفتيلي، يعمل هذا الانقسام على تكوين نصف خلايا (أحادية الصيغة الصبغية). وهذه هي الخلايا الجنسية أو الأمشاج – مثل السائل المنوي والبويضة – اللذين يتحدان معًا في عملية تخصيب لتكوين خلية جديدة وكاملة. وفي الانقسام الاختزالي (المنصف)، لا يتضاعف عدد الكروموسومات أولاً، ولذلك فكل مشيج يحصل على كروموسوم واحد من كل زوج، وليس كلا الكروموسومين.

لذلك، عندما يتحد السائل المنوي مع البويضة أو تتحد حبوب لقاح مع بذيرة النباتات للقيام بعملية التخصيب، تستقبل الخلية الكاملة الناتجة عن تلك العملية كروموسومًا واحدًا من كل زوج من خلايا الأبوين. فتأخذ هذه الخلية الجديدة جينًا واحدًا فقط لكل سمة معينة من كل زوج من الخلايا. ومن ثم، فإن الكروموسومات عبارة عن مستودع العوامل الوراثية التي تكلم عنها العالم مندل والتي تحتاج إلى التفاعل في صورة أزواج للتحكم في الوراثة. وبالرغم من أهمية هذا كله، فإن ساتون لم يسعَ وراء العمل في مجال الجينات الوراثية،

حيث عمل بدلاً من ذلك في مجال إجراء العمليات الجراحية في كانساس إلى أن توفي عن عمر يناهز ٣٩ عامًا.

من ناحية أخرى، توصل العالم الألماني ثيودور بوفري إلى نتائج مماثلة بمفرده. فقد لاحظ أشياء مهمة عند عمله مع بويضات قنفذ البحر. فالكائنات الحية تحتاج إلى حصتها الكاملة من الكروموسومات (والتي يبلغ عددها ٣٦ كروموسومًا في قنفذ البحر) لكي يظهر تأثيرها بطريقة طبيعية. ولذلك، فالكروموسومات المتعددة يجب أن تكون مسئولة عن توريث السمات المختلفة وتحتاج إلى أن تكون على هيئة أزواج للقيام بوظائفها على نحو سليم.

إسهامات إيفان بافلوف في الارتباط الشرطي

١٩٠٣

بعد قيامه بقراءة كتاب The Origin of Species لداروين، تحول الطالب الروسي إيفان بافلوف من دراسة العلوم الدينية إلى دراسة العلوم الطبيعية (وظل نشيطًا في هذا الشأن حتى توفي عن عمر يناهز ٨٧ عامًا). أصبح من العلماء البارزين في عصره حتى حصل على جائزة نوبل عام ١٩٠٤ في الطب، ولكنه تورط في العديد من الصراعات مع الحكومات المستبدة داخل بلده، خاصةً بمجرد تحول بلده إلى إحدى دول الاتحاد السوفيتي. فلم ينقذه من الاعتقال والاضطهاد سوى شهرته الواسعة التي حققها في مجال العلم.

اهتم بافلوف بالبحث الطبي؛ حيث كان مهتمًا بشكل خاص بعملية الهضم. وقد أظهرت أبحاثه التي أجريت على الكلاب أن المعدة تبدأ في العمل عندما تتم إثارتها بواسطة اللعاب الذي يفرز في الفم. ويبدو واضحًا أن هناك اتصالاً يربط بين هذين العضوين من خلال الجهاز العصبي. وقد جعل بافلوف الكلاب تفرز لعابها عن طريق تقديم الطعام إليها، ولكنه سرعان ما اكتشف أنه هناك عوامل أخرى يمكن أن تفعل الشيء نفسه، والتي تتضمن حتى صوت خطوات قدمه عند دخوله الحجرة التي تعيش فيها هذه الكلاب. ومن أجل ذلك، قرر أن يبحث ما إذا ما كان هناك أصوات وتصرفات أخرى ستجعل الكلاب تفرز لعابها.

بينما تقوم بإجراء الكثير من التجارب عن شيء ما، لا تكن راضيًا عن ظواهر الأمور. ولا تكن مسجلاً فقط للحقائق، بل يجب عليك أن تحاول اختراق وسبر أغوار ما توصلت إليه من نتائج.

إيفان بافلوف

كانت التجربة الأكثر شهرة عندما قام بقرع جرس يدوي عند تقديم الطعام للكلاب، فوجد الكلاب في الحال يُسال لعابها، بمجرد سماع صوت الجرس دون انتظار ما إذا سيتم تقديم الطعام أو لا. ولذلك فطريقة إثارة اللعاب التي لا يقدر الكلاب على التحكم فيها بسبب جوعها عند رؤية الطعام أصبحت الآن مشروطة، وأصبحت الكلاب تستجيب بطريقة تلقائية لمثيرات أخرى متنوعة. أثارت هذه التجربة العديد من الأسئلة التي بحث بافلوف لها عن إجابات بتجميع وقياس كمية اللعاب المفرز في ظروف متعددة.

بمجرد أن يتم العثور على هذه الطريقة المشروطة، كان السؤال القائم هو هل ستظل هذه الطريقة للأبد؟ ولكن الإجابة كانت لا. فقد اكتشف أن الطريقة يمكن القضاء عليها بمرور الوقت في حالة إهمالها وعدم رن الجرس في أثناء تقديم الطعام إلى الكلاب. وبالتالي، سرعان ما ستتوقف الكلاب عن سيلان لعابها عند سماع صوت الجرس. وبالرغم من ذلك، هناك إمكانية لاستعادة التأثير نفسه ألا وهو المثير الشرطي الذي يؤثر به صوت الجرس على الكلاب عند تقديم الطعام لها. ويمكن أن يحدث هذا تلقائيًا بعد بضع ساعات.

رأى بافلوف أيضًا أن أي شيء يصدر صوتًا مثل الجرس من الممكن أن يكون له التأثير نفسه على الكلاب – مثل جرس التليفون. ومن ثم، فقد أصبح هذا مثيرًا عامًا، ولكن عندما يتم إرفاق صوت الجرس مع تقديم الطعام فقط وليس أي شيء آخر. تمكن بافلوف من تعليم الكلاب كيفية التمييز بين الأنواع المختلفة من الأصوات.

ساورت الشكوك العالم بافلوف في أن دراساته عن الكلاب التي تم نشرها في عام ١٩٠٣ لا تعني أي شيء على الإطلاق بالنسبة للناس، ولكنها قادت بالفعل إلى تطور المدرسة السلوكية النفسية. فأظهر العالم الأمريكي جون واتسون أن الارتباط الشرطي من الممكن أن

يؤثر على بعض الانفعالات مثل مشاعر القلق والخوف المرضي. وتبدو الصورة أشد كآبة عندما نعلم أن منهج العالم بافلوف قد أسهم في تقديم أساليب غسيل المخ.

إسهامات أرنست رذرفورد وفريدريك سودي في النشاط الإشعاعي

١٩٠٣

لقد اتضح أن النشاط الإشعاعي، الذي تم اكتشافه بطريقة غير متوقعة على يد العالم هنري بيكيريل في عام ١٨٩٦، أنه ينطوي على العديد من التعقيدات كلما تم التعمق في دراسته. فعلى سبيل المثال، سرعان ما اكتُشفَ أن هناك ثلاثة أنواع من الأشعة التي تنبعث من المعادن المشعة ألا وهي ألفا وبيتا وجاما (١٨٩٩). كانت أشعة ألفا وبيتا تتكون من جسيمات (تمثلت في نوى الهليوم والإليكترونات على التوالي)، بينما كانت أشعة جاما تشبه أشعة إكس ولكنها كانت أكثر قدرة على الاختراق من أشعة إكس. وفي الوقت ذاته، تزايد اكتشاف قائمة العناصر المشعة المتعارف عليها. وسرعان ما بدأ بعد ذلك التعرف بشكل أكبر على المزيد من المعلومات الخاصة بتلك العناصر وكيفية ترتيبها فضلاً عن العلاقات القائمة بين بعضها البعض.

برز في هذا المجال العالم أرنست رذرفورد، الذي ولد في نيوزيلندا، وزميله فريدريك سودي. فقد اكتشفا أن كثيرًا من العناصر المشعة ترتبط بسلاسل من التحولات. وبدأت إحدى هذه السلاسل باليورانيوم وانتهت ١٤ رابطة أخرى بعناصر ليست مشعة. مثلت كل رابطة عنصرًا مختلفًا، سواء من حيث كونه أخف وزنًا أو أن له الوزن نفسه مثل العنصر السابق له. تنبعث من بعض هذه الروابط كمية كبيرة من الإشعاع، ولكنها تتبدد بصورة هادئة وسريعة في الوقت نفسه. وفي كل عملية تحول، تنبعث أشعة ألفا وبيتا وجاما. اتسمت هذه السلاسل بالتعقيد، ولكنها كانت في الوقت نفسه منظمة وواضحة ومفهومة. حصل رذرفورد على جائزة نوبل عام ١٩٠٨ لمساهمته في علم الكيمياء. وظن البعض أن سودي كان يجب أن يتشارك معه في هذه الجائزة، ولكنه تمكن من الحصول على جائزة نوبل الخاصة به في عام ١٩٢١.

من اليورانيوم إلى الرصاص				
العدد الذري	العنصر	الوزن الذري	نوع الانحلال	فترة عمر النصف
٩٢	اليورانيوم	٢٣٨	ألفا	٤,٥ مليار سنة
٩٠	الثوريوم	٢٣٤	بيتا	٢٤,٥ يوم
٩١	البرواكتينيوم	٢٣٤	بيتا	١,١٤ دقيقة
٩٢	اليورانيوم	٢٣٤	ألفا	٢٣٠٠٠٠ سنة
٩٠	الثوريوم	٢٣٠	ألفا	٨٣٠٠٠ سنة
٨٨	الراديوم	٢٢٦	ألفا	١٥٩٠ سنة
٨٦	الرادون	٢٢٢	ألفا	٣,٨ يوم
٨٤	البولونيوم	٢١٨	ألفا	٣ دقائق
٨٢	الرصاص	٢١٤	بيتا	٢٧ دقيقة
٨٣	البزموث	٢١٤	بيتا	٢٩ دقيقة
٨٤	البولونيوم	٢١٤	ألفا	جزء من ألف من الثانية
٨٢	الرصاص	٢١٠	بيتا	٢٢ سنة
٨٣	البزموث	٢١٠	بيتا	٥ أيام
٨٤	البولونيوم	٢١٠	ألفا	١٤٠ يومًا
٨٢	الرصاص	٢٠٦	مستقر	

يعتبر هذا الجدول مثالاً على علم الكيمياء القديمة الطبيعية. يوضح الجدول الخطوات الكثيرة التي مر بها الانحلال الإشعاعي لعنصر اليورانيوم الذي يبلغ وزنه الذري ٢٣٨ لكي يتحول إلى عنصر الرصاص، مارًا خلال هذه السلسلة بالعديد من العناصر الأخرى مثل الثوريوم والبرواكتينيوم والراديوم والرادون والبولونيوم والبزموث ونوعين من النظائر المشعة لعنصر الرصاص. يقلل كل انحلال إشعاعي لأشعة ألفا من العدد الذري بمقدار رقمين، ويقلل كذلك من الوزن الذري بمقدار أربعة أرقام. بينما يزيد الانحلال الإشعاعي لأشعة بيتا من العدد الذري بمقدار رقم واحد، ولكنه لا يؤثر على الوزن الذري (حيث يتحول النيوترون في النواة إلى بروتون وإليكترون). تجدر هنا ملاحظة المعدل الضخم لفترات عمر النصف لبعض العناصر.

فحص العالمان بطريقة جادة الطريقة التي "تنحل" بها العناصر في مثل هذه السلاسل، لتتحول بالتدريج إلى عناصر أخرى. ويبدو أن هناك قاعدة بسيطة تنطبق هنا. ففي وقت معين، تقل شدة إشعاع العنصر إلى أقل من نصف النسبة الطبيعية له كما لو كان نصف

ذرات هذا العنصر قد تحولت أو تغيرت. وتختلف فترة عمر النصف من عنصر لآخر بدرجة هائلة وفقًا لنوع العنصر المشع (حيث إن معظم العناصر ليست مشعة على الإطلاق). تبلغ فترة عمر النصف لعنصر الراديوم المشع حوالي ١٦٠٠ سنة، أما بالنسبة لعنصر البولونيوم فتبلغ ثلاث دقائق، أما فترة عمر النصف لعنصر اليورانيوم فقد بلغت ٤,٥ مليار سنة، وربما تبلغ فترة عمر النصف بالنسبة للعناصر الأخرى مائة مليون جزء من الثانية. والأمر المعتاد هو أنه كلما زادت حدة النشاط الإشعاعي، قلت فترة عمر النصف للعنصر. من الممكن أن توفر نماذج الانحلال الإشعاعي طريقة لتحديد عمر الصخور والأرض نفسها (١٩٢١).

بالرغم من ذلك، فقد كان الأمر يمثل لغزًا محيرًا. فبينما كان من المؤكد أن نصف الذرات في عينة تنحل إشعاعيًا في نطاق فترة عمر النصف الخاصة بها، فإنه لا توجد أية طريقة للتعرف على ماهية الذرات بالتحديد التي ستنحل فعليًا. فجميع هذه العناصر تبدو قابلة للتحول إلى عناصر أخرى بغض النظر عما قد حدث لها قبل ذلك. ولذلك، فبينما قد تم التعرف بدقة على النتائج المتعلقة بعدد ضخم من الذرات، فإنه إذا كانت هناك ذرة واحدة، لن يكون هناك أية فرصة للتأكد على الإطلاق؛ حيث كل ما سيسود هو مجرد احتمالات بعيدة عن التأكد التام. وبالنسبة لعلماء الفيزياء في القرن التاسع عشر، فهم يرون أن جميع الأحداث التي حدثت في أي وقت كانت محددة بدقة نظرًا لما حدث من قبل. نتيجة لذلك، قلت نسبة الاعتقاد في ضرورة وجود سبب وراء حدوث أية ظاهرة. وفي كل هذه الأجواء من الشك وعدم التأكد، ظهر بالفعل فرع جديد من العلم ألا وهو فيزياء الكم ١٩٠٩.

إسهامات هندريك لورنتس وجورج فيتسجيرالد قبل مجيء آينشتاين

١٩٠٤

في عام ١٨٨٧، حاول العالمان الأمريكيان ألبرت مايكلسون وأدوارد مورلي تعقب الأثير، وهو الوسط الذي كان من المفترض أن يحمل الضوء من خلال الفضاء كسلسلة من الموجات المتعاقبة. لقد جاء في علم الفيزياء

الحديث أن الضوء يجب أن ينتقل بسرعات مختلفة وفي اتجاهات مختلفة نظرًا لأن الأرض تتحرك من خلال الأثير. ولكن هذين العالمين وجدا أن السرعة كانت دائمًا واحدة وثابتة، ومن ثم، فلم يتوصلا إلى اكتشاف الأثير أو تعقبه.

كان لدى عالم الفيزياء الهولندي هندريك لورنتس تفسير لما حدث، كما كان لدى العالم الفيزيائي الأيرلندي جورج فيتسجيرالد الفكرة نفسها في الوقت نفسه. من المحتمل أن هذين العالمين كانا يحاولان تقريبًا الحفاظ على الفيزياء القديمة التي كان فشلها في العثور على طبقة الأثير بمثابة الكارثة.

رصد العالمان مايكلسون ومورلي سرعة أشعة الضوء عبر المسارات المختلفة في الزوايا القائمة لكل شعاع يسقط عليها، بحيث يكون مجال الحركة في تواز مع الحركة المفترضة للأرض خلال طبقة الأثير، ويعبر مجال الحركة الآخر هذه الطبقة "الأثير". اقترح العالمان لورنتس وفيتسجيرالد أن المسار الموازي للأثير تم تقصيره بواسطة الأثير نفسه حيث إنه قد اتجه في حركة جانبية، ولذلك بالرغم من تقليل سرعة الضوء الذي ارتطم بطبقة الأثير، فإن السرعة لم تتغير. ولكن هذا لم يكن حقيقيًا؛ فربما يبدو الضوء وكأنه ينتقل دائمًا بالسرعة نفسها، وربما ما تزال طبقة الأثير موجودة ولكنها ستظل مختفية عن النظر.

سجل كلا العالمين هذه الفكرة بشكل رياضي، سميت نسبة إليهما بتحول فيتسجيرالد-لورنتس. تخيل قطارًا يمر بسرعة كبيرة جدًا بحيث يقترب من سرعة الضوء، بينما تقف أنت على رصيف المحطة. سوف يتم اعتبارك ومن حولك إطارًا لما حدث، كما يعد الأشخاص الراكبون في عربة القطار أيضًا جزءًا من هذا الإطار، لكي يمكن عمل مقارنة بين قياسات كل منهما. يعمل تحول فيتسجيرالد-لورنتس ربط الإطارين معًا بشرط أن يسير القطار بسرعة ثابتة، وتتم ملاحظة التأثيرات فقط عندما يكون القطار مسافرًا بسرعة قريبة من سرعة الضوء. أما بالنسبة للسرعات الخاصة بنا في حياتنا اليومية، فإن أي تأثير لها لا يعد سوى شيء مستحيل لكي يتم تعقبه بدقة.

إن التوصل إلى صياغة نظرية جديدة لا يعد في مجمله مثل تحطيم حظيرة قديمة وإقامة ناطحة سحاب مكانها. بل إن ذلك يشبه بالأحرى تسلق أحد الجبال حيث يتم اكتساب آراء جديدة أكثر حكمة، لاكتشاف علاقات غير متوقعة بين نقطة البداية والبيئة التي توجد بها تلك النقطة.

ألبرت آينشتاين

إذا كنت قادرًا (باستخدام بعض الأساليب المبتكرة) على قياس طول القضيب في القطار عند المرور بجانبه أو تستطيع أن تميز دقات الساعة أو تحسب كتلة شيء ما (بمقارنة هذه النتائج مع القضيب المتري والساعة والوزن بالكيلو جرام على رصيف محطة القطار بجانبك)، فستجد أن القضيب في القطار المار يبدو أقصر وأن الساعة تبدو كأنها تدق بمعدل أبطأ وأن كتلة هذا الشيء تبدو أثقل. ولو فعل شخص ما في عربة القطار الشيء نفسه، سيجد أن قضيبك أقصر وأن الثانية الخاصة بك تستغرق وقتًا أطول كما أن كتلة الشيء الذي لديك ستكون أثقل مقارنةً بما لديه.

لا يهم كونك واقفًا بلا حركة؛ فالذي يهم بالفعل هو الحركة النسبية بينك وبين القطار. فأنت والشخص الذي يركب في عربة القطار ستختلفان حول هذه القياسات الحيوية، ولكن ستتحرك الأجسام والضوء وفقًا للقوانين نفسها في العربة وعلى رصيف القطار؛ حيث تعد هذه القوانين واحدة وثابتة في جميع الأحوال. ولذلك، ليس هناك شيء من الممكن أن تفعله على الرصيف أو في عربة القطار ليدلك على مقدار السرعة التي تسافر بها على ظهر هذا القطار. (وجميعنا يعرف هذا من خلال الصعود باستخدام المصعد. فبمجرد البدء في الصعود، تخبرنا الهزة الخفيفة التي تحدث بداخله على أننا لسنا ساكنين في مكاننا.)

اعتمد العالم آينشتاين على هذه الأفكار وعمل على تطويرها من خلال بحث غاية في الأهمية قام بنشره في عام ١٩٠٥. كان هذا البحث تحت عنوان الديناميكية الإليكترونية للأجسام المتحركة، والذي يختصر ما يطلق عليه عادةً النظرية النسبية الخاصة (وقد سميت بالنظرية النسبية الخاصة لأن النظرية النسبية العامة صدرت بعدها في عام ١٩١٥). وبسبب

إضافته لمزيد من الأفكار الخاصة به، أطلق على هذه النظرية اسم نظرية آينشتاين النسبية. ولكنه ما كان ليقوم بالتوصل إلى هذه النظرية دون الرجوع إلى إسهامات فيتسجيرالد ولورنتس. وبدأ آينشتاين إسهاماته في هذا الشأن بقبول حقيقة انتقال الضوء دائمًا بالسرعة نفسها (كما أظهر كل من مايكلسون ومورلي من قبل). بعد ذلك، قام بإجراء بعض العمليات الحسابية ليكتشف ما الذي يتبع هذه الحقيقة. فتوصل إلى النتيجة نفسها التي توصل إليها العالمان فيتسجيرالد ولورنتس في نظريتهما المعروفة بتحول فيتسجيرالد-لورنتس.

على الرغم من غرابة وصعوبة تقبل التنبؤات الخاصة بتحول فيتسجيرالد-لورنتس، فقد أثبتت الأيام فيما بعد أن هذه النظرية تحتوي على قدر كبير من الصحة. فقد أظهرت التجربة أن الساعة المتحركة (على سبيل المثال، الساعة التي توجد في قمر صناعي يدور حول الأرض) تبدو أنها تدق بإيقاع أبطأ من الساعة التي توجد على سطح الأرض، كما أن الكتلة تزداد مع زيادة السرعة، مثل كتلة الإليكترونات التي تقترب سرعة دورانها حول النواة من سرعة الضوء (وهو ما تم التعرف عليه بعد ذلك بعدة سنوات قليلة). وبتطبيق النظرية، تقل المسافات بالفعل، كما أن الضوء يضع حدًا للسرعة لباقي العالم الطبيعي. فلا يوجد شيء أسرع من الضوء، ومن المستحيل إيجاد أي عنصر يسير بمثل هذه السرعة. ولذلك، يمكننا القول إن آينشتاين - بالاستناد إلى القليل من مساعدة العلماء الآخرين - قد غَيّر تمامًا طريقة تفكيرنا ورؤيتنا للعالم الذي نعيش فيه الآن. ← ١٩٠٥ آينشتاين

إسهامات ألبرت آينشتاين في جزيئات الضوء

١٩٠٥

في عام ١٩٠٥، قام موظف ألماني مغمور يبلغ من العمر ستة وعشرين عامًا ويعمل في سويسرا بنشر ثلاثة أبحاث علمية في مجلة فيزيائية علمية رائدة في مجال العلوم. تناول البحث الأول بالشرح الظاهرة العجيبة التي تُسمى بالحركة البراونية في عام ١٨٢٧. بينما تناول البحث الثاني النظرية النسبية الخاصة (١٩٠٤). أما عن البحث الثالث، فقد كانت آراؤه مهمة وثورية في الوقت نفسه - كما هو الحال مع البحثين السابقين. لكن هذا البحث قد تميز عن غيره في أنه كان السبب في حصول آينشتاين على جائزة نوبل في عام ١٩٢٠. لقد تناول هذا البحث الثالث الفكرة الأكثر أهمية وغموضًا في علوم القرن العشرين، ألا وهي فيزياء الكم.

لقد كان موضوع البحث عن التأثير الكهروضوئي الذي اكتشفه العالم هاينريتش هيرتز، وهو الذي قام باكتشاف الموجات اللاسلكية (١٨٨٨). فعندما يسقط الضوء على سطح معدني، فإنه ينبعث من هذا السطح كهرباء سالبة والتي يمكن تجميعها بواسطة لوح معدني قريب. ولم يهتم هيرتز بهذا الأمر كثيرًا، ولكن بعد ذلك بحوالي عشر سنوات انتبه العالم فيليب لينارد إلى هذه الحقيقة. فقد قام بإجراء تجربة لقياس كمية الطاقة التي تحملها الإليكترونات عند انطلاقها من هذا السطح المعدني تحت تأثير الضوء الساقط عليه.

توقع لينارد أنه كلما زادت شدة الضوء، زادت كمية الطاقة التي تحملها الإليكترونات، إلا أن الأمر لم يكن كذلك. فالمزيد من الضوء يؤدي إلى انطلاق المزيد من الإليكترونات، الأمر الذي ينتج عنه تولد تيار أكبر ولا ينتج عنه تغير في كمية الطاقة التي يحتوي عليها كل إليكترون. وأدت هذه النتيجة إلى إصابة الكثير من الناس بالدهشة؛ نظرًا لأن ما يهم في هذا الصدد هو لون الضوء. فاللون الأزرق للضوء ينتج عنه المزيد من طاقة الإليكترونات بما يفوق اللون الأحمر للضوء. حتى إنه إذا كان لون الضوء شديد الاحمرار، فلن تنطلق أي إليكترونات على الإطلاق.

كانت مادة الفيزياء القديمة التي نجحت كثيرًا في القرن التاسع عشر، تعجز في بعض الأحيان عن تقديم تفسير لبعض من الجوانب في القرن العشرين. فقام العالم آينشتاين في مستهل القرن الجديد بكشف العديد من هذه الأسرار الغامضة. فقد علم أن زميله ماكس بلانك (١٩٠٠) قد شرح العديد من النقاط الغامضة في مجال الإشعاع الذي ينبع من الأجسام الساخنة، حيث افترض أن الطاقة يمكن نقلها فقط بكم معين لحجم معين وأن كمية الطاقة التي يحتوي عليها كل كم تعتمد على تكرار اللون المتعلق بالضوء الساقط على مثل هذه الأجسام أو أنها تعتمد على الأشعة تحت الحمراء.

في إحدى الخطوات المتطورة لذلك الأمر، قام آينشتاين بتأكيد الوجود المستقل لهذه الحزم من الطاقة. فقد قال إن الضوء يمكن أن يسلك مسارًا مثل التيار الثابت لهذه الحزم الخاصة بالطاقة - أو كم الضوء، والذي عُرف فيما بعد بوحدة الفوتون. فوفقًا لما جاء به العالم بلانك، كلما زاد الضوء الأزرق (أي كلما زاد تردد الضوء)، زادت كمية الطاقة التي يحملها كل كم من الضوء. وستكون هناك حاجة إلى كمية معينة من الطاقة لاستخراج هذه

الإليكترونات، ولذلك ستفلح جميع ألوان الضوء في هذا الأمر فيما عدا اللون الأحمر القاتم. فإذا كان كم الضوء يحمل قدرًا أكبر من الطاقة يزيد عن الحد الأدنى، فسينتهي هذا الكم من الضوء بالحصول على الإليكترون، ولذلك فإن طاقة كم الضوء المعروفة بالفوتون ستعتمد فقط على لون الضوء. وتعني زيادة كم الضوء (زيادة شدته) زيادة عدد الإليكترونات المنطلقة من الذرة. يبدو أن كل الأدلة يمكن تطبيقها هنا.

كان علماء الفيزياء التقليدية الذين أنارت أعمالهم ونظرياتهم العالم أجمع لمدة مائة عام (يونج ١٨٠١) في أشد حالات الغضب والثورة. وكان من أكثر العلماء الذين عبروا عن ذلك الغضب صراحةً هو العالم التجريبي الأمريكي الشهير روبرت ميليكان. فلمدة عشر سنوات، حاول جاهدًا دون نجاح إثبات خطأ آينشتاين فيما توصل إليه. ولكن تجاربه كلها أثبتت صحة آراء آينشتاين فيما يتعلق بأن الضوء يتكون من جسيمات. وبالرغم من ذلك، وقف القليلون إلى جانب العالم آينشتاين.

ظهرت أدلة جديدة وحاسمة في عام ١٩٢٢، في الوقت نفسه تقريبًا الذي فيه ظهرت فيزياء الكم التي تدين بكثير من الفضل إلى أفكار آينشتاين (إلا أنه في نهاية المطاف، اعترض عليها). قام العالم الأمريكي آرثر كومبتون بإجراء تجربة أدت إلى انبعاث أشعة جاما أو أشعة إكس (اللتين يتم اعتبارهما الآن وثيقتي الصلة بالضوء) من الإليكترونات بطيئة الحركة المنطلقة من الذرات. وقد قلت نسبة تكرار انبعاث الأشعة بالمقارنة. ويدل هذا بقوة على مسار أشعة جاما وأشعة إكس الذي يشبه مسار الجسيمات؛ حيث تفقد كلتاهما بعضًا من الطاقة لكي يتم إعطاؤها للإليكترونات. الأمر الذي يقلل من ترددها في الثانية الواحدة. ولذلك، يمكننا أن نقول مرة أخرى إن ما توصل إليه آينشتاين يعد الأفضل من بين كل النظريات التي عُرضت.

لم يكن لينتهي هذا الجدل في ذلك الوقت. فالضوء لا يزال يسلك مساره كموجات في الكثير من الأحيان مثل التداخلات والانحرافات (يونج ١٨٠١). ولا تزال أشعة إكس تقوم بالشيء نفسه (الأخوان براج ١٩١٥). لذلك، فإن معظم ما توصل إليه آينشتاين عن الموجات يصلح أن ينطبق على الجسيمات. من ناحية أخرى، ادعى الفرنسي لويس دي بروجلي أن عكس نظرية آينشتاين يعد صحيحًا أيضًا (١٩٢٤). ← ١٩٠٧

إسهامات فريدريك جاولند هوبكنز في مجال الأحماض الأمينية

١٩٠٦

لا شك أننا نقبل هذه الأيام أهمية الفيتامينات والتوابع الصحية الناتجة عن الاستغناء عنها. تجدر الإشارة هنا إلى أن مصطلح "فيتامين" يرجع إلى قرن سالف من الزمان، كما أن المفهوم نفسه يرجع إلى تلك الفترة نفسها تقريبًا. تم التعرف على مصطلح "فيتامين" في عام ١٩١٢ عندما قام العالم البولندي كازيمير فانك بصياغته من كلمة "فيتا" التي تعني الحياة وكلمة "امين" وهي عبارة عن مجموعة من المواد الكيميائية الشائعة المحتوية على عنصر النيتروجين. ولكنه فصل مادة واحدة أطلق عليها اسم الثيامين، والتي تأتي من قشر الأرز.

أما عن قصة قشر الأرز، فترجع أصولها لعام ١٩٠٥، عندما اكتشف الطبيب الإنجليزي وليم فليشر أن هناك مرضًا استوائيًا خطيرًا ألا وهو البري بري – يمكن القضاء عليه إذا تناول الناس حبوب الأرز غير المقشورة، أي يتناولونه بقشره. اعتقد فليشر أن قشر الأرز يحتوي على بعض العناصر الغذائية الخاصة التي تمنع الإصابة بالأمراض. وبعد ذلك بحوالي سبع سنوات، تمكن العالم فانك من اكتشاف هذه العناصر الغذائية.

أما عن أكثر الأسماء ارتباطًا بموضوع الفيتامينات كان اسم الطبيب الإنجليزي فريدريك هوبكنز بالرغم من قلة إسهاماته في التعرف على الفيتامينات. ونال هذا الطبيب العديد من الدرجات العلمية والأوسمة مثل وسام الفروسية ووسام الاستحقاق من الدرجة الأولى وأصبح رئيسًا للجمعية الملكية (بعد العالم أرنست رذرفورد على الفور) وحصل على جائزة نوبل في الطب عام ١٩٢٩. وقد جذبه إلى الاهتمام بدراسة العلوم الطبية الميكروسكوب القديم الذي كان يخص والده، فقد كان دائم اللعب بهذا الميكروسكوب. عمل في مكتب للتأمين ثم عمل بعد ذلك كطبيب شرعي مساعد قبل أن يتحول إلى العمل في مجال الطب.

اقتنع هوبكنز في حوالي عام ١٩٠٦ بأن كميات قليلة من المواد الكيميائية المركبة (عوامل النمو) تعد ضرورية بشكل كبير لصحة الإنسان. فبدأ في إطعام الفئران بطرق غذائية مقتصرة على السكر والنشا والملح وبروتينات اللبن. فأصبحت الفئران مريضة وهزيلة، ولم تسترد عافيتها إلا عندما تناولت لبنًا كاملاً. ويبدو واضحًا من هذه التجربة أن اللبن يحتوي على بعض من المواد الكيميائية الضرورية المركبة. وقد استبعد نوعين اثنين؛ سمي النوع الأول

فيما بعد باسم فيتامين (ج)، بينما أثبت النوع الآخر بأنه مزيج من فيتامين (أ) وفيتامين (د). وتصدر عنصر الثيامين الذي اكتشفه الطبيب فانك قائمة مجموعة فيتامينات (ب وبحلول عام ١٩٤٠، تم التعرف على العديد من الفيتامينات الأخرى مثل فيتامين (ب٢) ‌أو الريبوفلافين وفيتامين (ب٣) أو النياسين وفيتامين (ب٤) أو حامض الفوليك وفيتامين (ب٦) أو الحامض النيكوتيني وفيتامين (ب١٢). أطلق الباحثون المتحمسون أسماء فيتامين (ب٥) وفيتامين (ب٧) وحتى (ب١١) على المركبات الكيميائية الأخرى، ولكنهم قاموا باستبعادها بعد ذلك؛ حيث إن هذه الفيتامينات ليست على قدر كبير من الضرورة لصحة الإنسان أو أنه بإمكان الجسم تكوينها ذاتيًا من الغذاء المكتسب.

تم تحديد دور فيتامين (د) لمنع الإصابة بكساح الأطفال والتشوهات العظمية على يد أدورد ميلانبي في عام ١٩٢٢؛ حيث يتم تكوين هذا الفيتامين تحت الجلد بفعل تأثير أشعة الشمس فوق البنفسجية (١٨٠٢). بالنسبة لفيتامين (هـ)، فقد تم اكتشافه في ذات الأوراق الخضراء في العام نفسه. وترجع قصة فيتامين (ج) أو حامض الأسكوربيك إلى عام ١٧٤٧ عندما اكتشف جيمس ليند أن العصائر الحمضية تمنع الإصابة بمرض الإسقربوط. وتم التعرف على هذا الفيتامين في عام ١٩١٢، وفي عام ١٩٣٥ أصبح أول فيتامين يتم تصنيعه.

إسهامات ألبرت آينشتاين في أشهر أنواع المعادلات

١٩٠٧

ثمة معادلة علمية معروفة لدى كل شخص، حتى إن لم يكن متأكدًا من معناها. تتمثل هذه المعادلة في كيفية حساب الطاقة كما يلي: $E = mc^2$؛ حيث إن قيمة (E) تشير إلى الطاقة وقيمة (m) تشير إلى سرعة الضوء وقيمة (c) تشير إلى الكتلة. تنص هذه المعادلة على إمكانية تحويل المادة إلى طاقة والعكس صحيح، مما يعبر عن مفهوم واسع الأفق. فسرعة الضوء سرعة كبيرة جدًا تبلغ ٣٠٠٠٠٠ كيلو متر في الثانية الواحدة. يتضاعف هذا الرقم في المعادلة تلقائيًا حيث يمكن لكمية صغيرة من المادة تحضير كمية هائلة من الطاقة. وإذا تحولت جميع أجزاء المادة إلى طاقة، سينتج عن كيلو جرام واحد من المادة – وهو ما يعادل كتلة لتر واحد من الماء – قدر هائل من الطاقة يعادل تلك الطاقة الناتجة عن حرق ١٠ ملايين طن من البترول.

كان ينظر دائمًا إلى المادة والطاقة كشيئين منفصلين تمامًا عن بعضهما البعض، بالرغم من الاعتقاد بإمكانية بقاء كل منهما على حدة وعدم إمكانية استحداثهما أو استنفادهما من العدم. وقد تم اعتبار قانوني بقاء المادة وبقاء الطاقة في ذلك الوقت بمثابة "قانوني الطبيعة". وفي العصر الحالي، يبدو أنه قد تم التوصل إلى إمكانية بقاء المادة بالإضافة إلى الطاقة في الوقت نفسه. وفي ظل ذلك السعي الدؤوب وراء إيجاد وحدة بين الظواهر الطبيعة لدراسة العلاقات فيما بينها، يمكن أن تتم رؤية كل من المادة والطاقة كوجهين لعملة واحدة.

تنبع هذه الرؤية الجديدة من النظرية النسبية الخاصة التي توصل إليها ألبرت آينشتاين (١٩٠٤). تفترض هذه النظرية – من بين الأشياء الأخرى – أن الأجسام المتحركة تصبح أثقل وزنًا عندما تقترب السرعة من سرعة الضوء، وهي السرعة التي من المستحيل الوصول إليها بالفعل. وهو الأمر الذي يشير إلى تحقيق مبدأ تكافؤ الكتلة والطاقة. تعتمد طاقة حركة شيء ما على كل من كتلة هذا الشيء وسرعته. افترض مثلاً أن ثمة صاروخًا بإمكانه الاقتراب من سرعة الضوء. إذا واصلنا إدارة المحرك الخاص بالصاروخ وإمداده بالطاقة، فيجب أن يؤدي المزيد والمزيد من تلك الطاقة إلى زيادة كتلة الصاروخ؛ حيث إن هناك حدًا معينًا لمقدار السرعة التي يصل إليها الصاروخ. لذلك، فقد تحولت الطاقة إلى نوع من المادة. وكما قال آينشتاين، فإن كتلة الجسم تعتبر مقياسًا لمحتوى الطاقة.

يعتبر الشرح الأكثر تفصيلاً عن هذا المفهوم الذي كتب آينشتاين عنه في عام ١٩٠٧ ذا صيغة رياضية، إلا أن الدليل على وجود مثل هذه العلاقة يوجد في كل مكان. يدعم مبدأ تحول المادة إلى طاقة الفكرة الخاصة بمصدر طاقة الشمس والنجوم (١٩٢٠)، حيث يتحول أربعة ملايين طن من المادة الصادرة من الشمس كل ثانية لكي تحل محلها تلك الطاقة الكافية لاستمرار إشراق الشمس دائمًا. كما يقوم الانشطار النووي (١٩٣٨) الذي يعتبر مصدرًا لطاقة مصانع الطاقة النووية والأسلحة النووية بتحويل الكتلة بصورة مشابهة إلى طاقة. فإنتاج زوجين من "الجسيمات المرآوية" من الطاقة النقية (ديراك ١٩٢٨) يعد مثالاً يوميًا أقل تعقيدًا. لذلك، تعتبر المعادلة $E = mc^2$ التي سبقت الإشارة إليها من أكثر المعادلات المشهورة بالفعل في مجال العلوم. فهذه العلاقة تلخص إحدى أكثر القواعد أهميةً في الطبيعة ١٩١٥.

إن معظم الأفكار الأساسية عن العلم بسيطة بالضرورة، ويمكن أن يتم التعبير عنها بلغة مفهومة لكل شخص.

ألبرت آينشتاين

إسهامات جوزيف جون طومسون في قياس وزن الذرات

١٩٠٧

شغلت أنابيب أشعة الكاثود عقل علماء الفيزياء في ألمانيا وبريطانيا لسنوات عديدة (جايسلر ١٨٥٤). ولم يتوقف هذا الاهتمام إلا عندما استخدم العالم الإنجليزي جوزيف جون طومسون في عام ١٨٩٧ إحداها لإثبات أن أشعة الكاثود عبارة عن جسيمات يطلق عليها إليكترونات والتي تنطلق من الكاثود سالب الشحنة إلى الأنود موجب الشحنة في أنبوبة التفريغ. وقد اكتشف العلماء الألمان شيئًا آخر يتحرك. وهو أن الجسيمات ذات الشحنات الموجبة (أو الأيونات) تعتبر أثقل من الإليكترونات فضلا عن أنها تتحرك في الاتجاه الآخر. ويمكن تركيز هذه الجسيمات عن طريق عمل ثقب خلال الكاثود للإمساك بهذه الجسيمات الموجبة التي سُميت بالأشعة القنوية لبعض الوقت.

علم جوزيف جون طومسون أن هذه الأشعة ما هي إلا تدفق للذرات التي تفقد إليكترونًا أو أكثر. فقام هذا العالم بتحريك الإليكترونات خلال المجالين المغناطيسي والكهربائي للعثور على معدل تغيرها قياسًا بكتلتها. ومنذ حوالي عام ١٩٠٧، قام بعمل الشيء نفسه على الأشعة القنوية. وكان يعلم بالفعل أن الشحنات التي توجد على الأيونات تبلغ ضعفين أو ثلاثة أضعاف الشحنات التي توجد على الإليكترون (وبالأخص الشحنات الموجبة وليست السالبة). ولذلك عند جذب هذه الأشعة تجاه المجال المغناطيسي، كان طومسون يقوم بقياس الذرات بشكل فعال؛ حيث حصل على نتائج أفضل من النتائج التي توصل إليها علماء الكيمياء في القرن التاسع عشر بالنسبة لقياس الوزن الذري.

لقد كان هذا العمل مرهقًا ولكن تم قياس وزن ذرات مختلف العناصر بطريقة مباشرة للمرة الأولى. وبالطبع كان هناك العديد من المفاجآت. فعندما تم وضع غاز النيون في الآلة، تم تسجيل وزنين وليس وزنًا واحدًا، بلغ وزن أحدهما ٢٠ وحدة (وزن الأكسجين ١٦)،

بينما بلغ الوزن الآخر ٢٢ وحدة، حيث تكثر الذرات الأخف وزنًا. فتمكن علماء الفيزياء التقليدية من تسجيل القيمة المتوسطة (٢٠,٢) والتي زادت من حيرتهم بالطبع. ولكن في ذلك الوقت، تم التوصل إلى حل لذلك اللغز. ففي الحقيقة، يوجد نوعان من غاز النيون متطابقان من الناحية الكيميائية، ولكن أحدهما يعد أثقل قليلاً من الآخر.

أطلق طومسون على هذه التكنولوجيا الجديدة اسم "التحليل الطيفي للكتلة" التي من خلالها يتحول الضوء من خلال المنشور الضوئي إلى ألوان لكي يتم قياس طول موجة هذا الضوء. وتولى مناقشة هذا الموضوع بعد ذلك زملاؤه من العلماء في جامعة كامبريدج. فوضع العالم فريدريك سودي الاسم "نظير" لصور العنصر نفسه التي يظهر بها في كتل ذرية مختلفة. فقد جعل العالم فرنسيس أستون محور حياته متركزًا على الاهتمام بهذا الموضوع (مما مكنه من الحصول على جائزة نوبل للكيمياء في عام ١٩٢٢). فمن بين ٣٠٠ نوع من النظائر المعروفة، قام بقياس وزن ٢٠٠ عنصر. بعدها، قام هذا العالم بإزاحة الستار عن اللغز الطويل المتعلق بكتلة عنصر الكلور. فباستخدام الوسائل القديمة التقليدية، كان للكلور الوزن الذري ٣٥,٥. وأثبت أستون أن للكلور نظيرين. فالنظير الأول عدده الذري ٣٥ والثاني ٣٧، وكان النظير الأول يتسم بأنه أكثر وفرة من النظير الثاني بمقدار ثلاثة أضعاف.

لقد كان لجميع العناصر التي تم اختبارها تقريبًا نظائر. فالكربتون له خمسة نظائر واليورانيوم له نظيران؛ حيث يبلغ الوزن الذري للنظير الأول ٢٣٥ والوزن الذري للنظير الثاني ٢٣٨، وهو اختلاف مهم للغاية كما أثبتت الأحداث التالية (١٩٣٨). يكمن التحدي في محاولة فصل النظائر في أكثر من تلك الكميات الصغيرة للغاية التي يتم التعامل معها باستخدام تكنولوجيا التحليل الطيفي للكتلة، بافتراض أن النظائر تختلف فقط من حيث الكتلة.

إسهامات كامرلينج أوناس في تحويل الغازات إلى سوائل والقدرة التوصيلية العالية

١٩٠٨

في منتصف القرن التاسع عشر، بعد فترة قصيرة من قيام كلفن (الذي عُرف أيضًا باسم وليم طومسون) بإعلان وجود أقل درجة حرارة ممكنة، والتي أطلق عليها الصفر المطلق (١٨٤٨)، حدث اهتمام جدي بالبحث عن درجات حرارة أقل في المراحل القادمة. وبعد ذلك بعدة سنوات، وعند عمله مع جيمس

جول، اكتشف العالم كلفن ظاهرة "جول وطومسون" (١٨٥٢) التي أظهرت الكيفية التي يمكن للغازات بها أن تُبَرد بواسطة ضغطها أكثر من مرة ثم تمديد هذه الغازات مرةً أخرى. وبمجرد أن تصل الغازات إلى أقل من درجة الحرارة الحرجة، يؤدي الضغط المتزايد إلى تجميع جزيئات الغاز معًا لتكوين سائل.

تدريجيًا تتحول الغازات الرئيسية إلى سوائل؛ حيث يكون الهواء على رأس القائمة. وبعد ذلك يأتي الأكسجين والنيتروجين بشكل منفصل في درجة حرارة تبلغ حوالي ١٠٠° تحت الصفر أو ١٧٠° وذلك وفقًا لميزان كلفن بالدرجات المطلقة. ومنذ تلك اللحظة، كان هناك اهتمام بعلم فيزياء الحرارة المنخفضة وهو عبارة عن دراسة خواص المواد على درجة تقارب الصفر المطلق. وتم دعم ذلك الأمر عن طريق اختراع قارورة ديوار (الترموس)، بهدف الحفاظ على برودة الأشياء. وقد اخترع العالم الإنجليزي الفيزيائي جيمس ديوار هذه القارورة وعرفت باسم الترموس كما نعرفها اليوم؛ حيث يتم فيها استخدام الفراغ للحد من تدفق الحرارة. ويختلف غاز ثاني أكسيد الكربون عن الغازات الأخرى من حيث طبيعته. ففي الضغط اليومي، لا يتحول غاز ثاني أكسيد الكربون إلى سائل مطلقًا، بل يتحول مباشرةً من الحالة الغازية إلى الحالة الصلبة (ثاني أكسيد الكربون الجليدي).

أما غاز الهيدروجين، فيقاوم التحول إلى سائل حتى تصل درجة الحرارة إلى ما دون ٢٠° مئوية فوق الصفر المطلق. وقام العالم الهولندي كامرلينج أوناس بقيادة فريق العمل الذي حقق ذلك الأمر في عام ١٩٠٦، ثم فعل الأمر نفسه بعد ذلك مع غاز الهليوم في عام ١٩٠٨. وفيما بعد عكفت مجهودات العلماء على تقليل درجة الحرارة لكي تصل إلى درجة واحدة فوق الصفر المطلق. فانتشرت تلك الدعابة التي مفادها أن أبرد مكان على وجه الأرض هو قسم الفيزياء في جامعة ليدن بهولندا. وحصل العالم كامرلينج أوناس على جائزة نوبل في الفيزياء عام ١٩١٣.

لم تتوقف الاكتشافات عند هذا الحد. فلو تم غمس دائرة كهربائية مكونة من القصدير أو الرصاص أو حتى الزئبق المجمد في الهليوم السائل، فسوف يبدأ تيار كهربي في السريان داخل هذه الدائرة ليستمر في التدفق بشكل غير نهائي. ويرجع ذلك إلى أنه لم يعد هناك أية مقاومة في هذه الدائرة ضد سريان التيار الكهربي. وكان هذا هو المثال الأول عن قدرة

توصيل الكهرباء العالية. ففي ذلك الوقت، تطلب هذا مثل هذه الدرجات المنخفضة التي كان من الصعب تخيل وجود أية فائدة لها.

لقد تسببّ الهليوم السائل في ظهور بعض الأشياء الغريبة، حيث بدا فاقدًا للمقاومة تجاه حركة التيار الكهربي، كما أنه تحول إلى مركب سائل شديد المرونة. فهذا المركب لا يستطيع البقاء ثابتًا في قارورة ولكنه يظل يتدفق وينساب على جدران هذه القارورة. وقد تحدّت المركبات السائلة والمركبات ذات القدرة العالية على التوصيل الكهربائي كل التفسيرات التي وضعها علماء الفيزياء التقليدية. فعلم فيزياء الكم الجديد (١٩٢٧) كان الوحيد القادر على وضع التفسيرات الدقيقة لكل هذه الظواهر، بل توصل بالفعل إلى بعض الحلول الخاصة بتفسير هذه الظواهر عن طريق استخدام بعض القواعد والمبادئ العلمية التي تفسر مسار الأجسام متناهية الصغر والدقة.

إسهامات كارل لاندشتاينر في مجال فصائل الدم المختلفة

١٩٠٩

في عام ١٨١٨ كان طبيب أمراض النساء والولادة جيمس بلوندل يحضر حالة مريضة نزفت بشدة في أعقاب ولادتها لطفل. وعندما خاف على حياتها، أخذ عينة من دم زوجها بواسطة حقنة ثم حقنها في جسد هذه المريضة. فنجت تلك المريضة من الوفاة وظلت على قيد الحياة، وبذلك نجحت تلك التجربة لتكون أول حالة نقل دم ناجحة مسجلة، كما حدث الشيء نفسه للعديد من مرضى الطبيب نفسه بعد ذلك. ربما يكون هذا الطبيب محظوظًا؛ حيث إن عمليات نقل الدم غالبًا ما تحدث بطريقة خاطئة مما يؤدي إلى وفاة المرضى.

من ناحية أخرى، بدأ ينتاب الأطباء حالة من التشكك وعدم التصديق في إمكانية أن تكون جميع فصائل الدم متوافقة مع بعضها البعض، حيث قد يؤدي دم المريض إلى تجلط الدم المنقول إليه، فينتج عن ذلك أحيانًا عواقب وخيمة. وكان أول من تطلع إلى هذا الأمر بطريقة منظمة هو العالم النمساوي كارل لاندشتاينر الذي عمل بعدها في مستشفى في العاصمة فيينا. وبحلول عام ١٩٠٩، كان لاندشتاينر قادرًا على تقسيم الدم إلى أربع فصائل كبرى، والتي أسماها A وB وO وAB. وعمل هذا الاكتشاف على التأكد من مدى توافق

فصيلة الدم الخاصة بالشخص المنقول إليه الدم مع فصيلة الدم الخاصة بالشخص المتبرع بالدم دون حدوث أي أعراض جانبية. هذا، على الرغم من معرفة الحقيقة القائلة التي مفادها أن الدم من فصيلة O من الممكن إعطاؤه بشكل آمن لأي شخص يحتاج إلى عملية نقل دم، ولذلك يُطلق على الشخص الحامل لفصيلة الدم O "معطٍ عام"، أما الشخص الحامل لفصيلة الدم AB فمن الممكن أن يأخذ الدم من أي شخص مهما كانت فصيلة دمه، ولذلك يُطلق على هذا الشخص "مستقبل عام". وقد جعلت هذه الاكتشافات والتطورات عمليات نقل الدم أكثر أمانًا عن ذي قبل.

تمكن بحث آخر من العثور على أسباب أخرى لذلك الأمر. فكل خلية من خلايا (كرات) الدم الحمراء بها علامة مميزة على سطحها الخارجي، تتمثل في مولد المضاد الذي إما أن يكون A أو B بالرغم من أن بعض الأشخاص لديهم كلا النوعين معًا AB، في حين لا يكون لدى البعض الآخر أي منهما، وهم الأشخاص الحاملين لفصيلة الدم O. تتمثل وظيفة الجهاز المناعي في تعقب أية كمية من الدم بها ذلك النوع الخاطئ من هذه العلامة المميزة والتصدي لها. فأجساد المرضى أصحاب فصيلة الدم A ترفض أية خلية دم حاملة للفصيلة B، بينما ترفض أجساد المرضى أصحاب فصيلة الدم B أية خلية دم حاملة لفصيلة الدم A.

تخضع فصائل الدم للعوامل الوراثية، حيث يكون لكل فصيلة جينات خاصة بها، إلا إنها ليست سائدة (١٨٦٥). وقد رأى لاندشتاينر أن ثمة استخدامًا آخر لفصائل الدم – فعلى سبيل المثال، من الممكن استخدامها كأحد الأدلة الجنائية المقبولة في المحاكم والتي تعمل على تحديد الجناة. وقد ساعد لاندشتاينر أيضًا في العثور على العامل الريصي في الدم (سمي بهذا الاسم وفقًا لأحد أنواع القرود الذي عثر من خلاله على هذا العامل الجيني لأول مرة). وقد يكون هذا العامل إما إيجابيًا أو سلبيًا.

على الرغم من أن كل هذه الاكتشافات الطبية المتعلقة بالدم قادت لاندشتاينر إلى الحصول على جائزة نوبل في عام ١٩٣٠، فقد كان لهذا العالم العديد من الاكتشافات الأخرى والتي تضمنت فيما بينها اكتشاف الفيروس الذي يتسبب في الإصابة بشلل الأطفال فضلاً عن التحليل الخاص بالكشف عن مرض الزهري. كذلك، فقد ساعد هذا العالم في

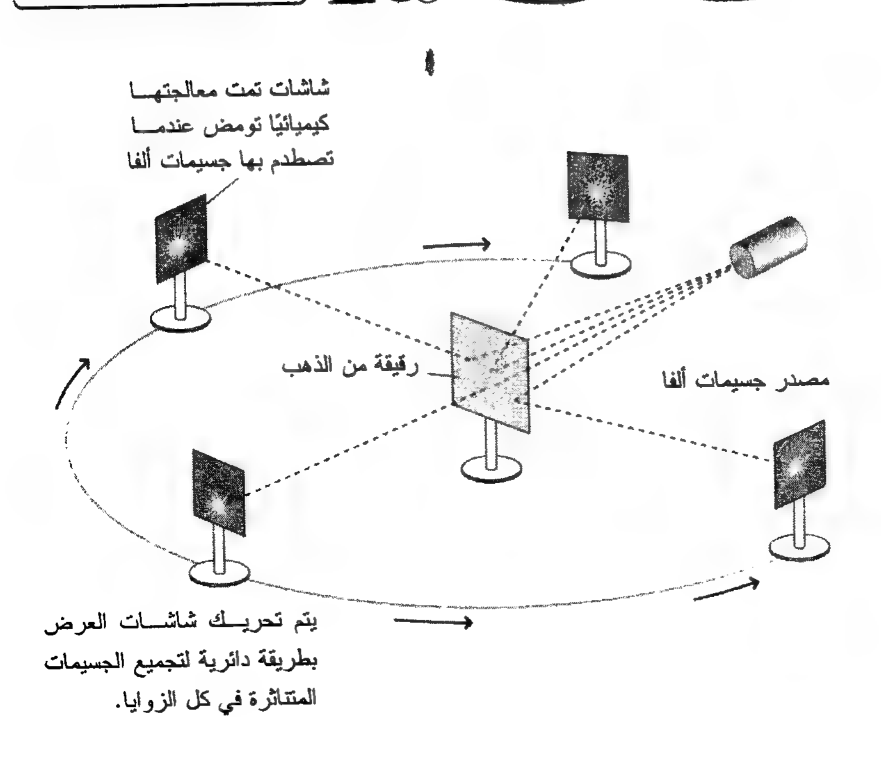
اكتشاف دراسة جديدة تُسمى بعلم المناعة التي أصبحت غاية في الأهمية في المستقبل بفضل زيادة المعرفة بصدد الطرق الدفاعية الطبيعية ضد الأمراض داخل الجسم.

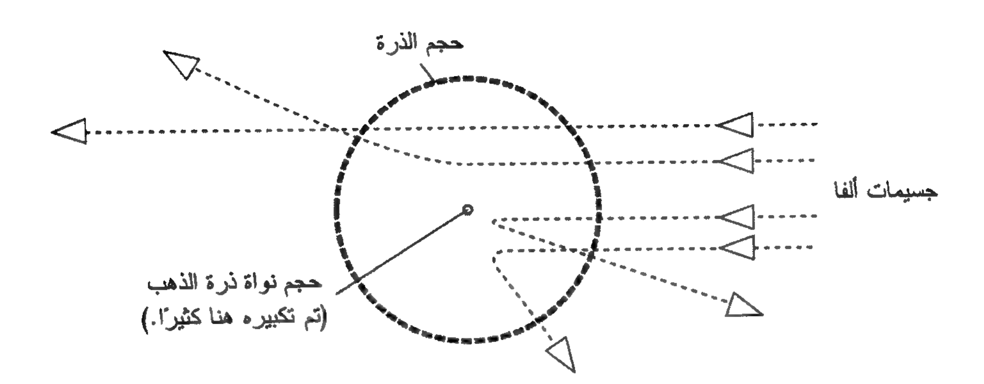
إسهامات أرنست رذرفورد وهانس جايجر وأرنست مارسدن في مجال الذرة

١٩٠٩

في عام ١٨٩٩، أدهش العالم الإنجليزي الفيزيائي جوزيف جون طومسون العالم أجمع بنموذجه الممتاز عن الذرة، الذي يشبه في تصميمه بودنج البرقوق - كما سبقت الإشارة إلى ذلك؛ حيث تتوزع الإليكترونات ذات الشحنات السالبة من خلال كتلة من الأجسام موجبة الشحنة لتتكون ذرة عنصر ما. وبعد ذلك التاريخ بحوالي عشر سنوات، لاقى هذا التصور الكثير من التحديات الصعبة.

ففي ذلك الوقت، كان العالم النيوزيلندي أرنست رذرفورد مسئولاً عن إدارة قسم العلوم الفيزيائية في جامعة مانشستر، وقد كان فيما سبق يعمل تحت إشراف طومسون في معمل كافندش في جامعة كامبريدج. فتمكن من الحصول على جائزة نوبل لاكتشافه ماهية النشاط الإشعاعي. خطط هذا العالم لاستخدام جسيمات ألفا المنبثقة من العناصر المشعة كمسبار لفحص محتويات نموذج العالم طومسون الخاص ببودنج البرقوق. قام الباحثان هانس جايجر الألماني الجنسية (١٩١٢) وأرنست مارسدن الإنجليزي الجنسية - والذي عمل فيما بعد كأستاذ في نيوزيلندا - بتحضير طبقة رقيقة من الذهب، حيث إن للذهب ذرات تتسم بأنها أثقل الذرات التي من السهل العثور عليها كما أنه يمكن تحويلها إلى طبقة رفيعة للغاية عند طرقها. فعلى جانب واحد من هذه الطبقة الرفيعة هناك مصدر لجسيمات ألفا، وفي الجانب الآخر منها توجد شاشة تومض عندما تصطدم بأحد جسيمات ألفا. قام هذان الباحثان بعد ذلك بإحصاء عدد هذه التصادمات من خلال ميكروسكوب.





هذا هو الجهاز الذي قاما العالمان هانس جايجر وأرنست مارسدن بإعداده تحت توجيه رذرفورد لاكتشاف نواة ذرية. ويظهر الشكل الثاني مدى اعتماد مقدار انحراف جسيمات ألفا على قربها من النواة الدقيقة.

في بداية الأمر، جاءت جميع النتائج مثلما تنبأ نموذج العالم جوزيف جون طومسون. كادت معظم جسيمات ألفا أن تغير من اتجاهها حيث اخترقت معظمها رقيقة الذهب. ومع ذلك انحرف عدد قليل ملحوظ من جسيمات ألفا عن مساره بحوالي عشر درجات أو أكثر. ونتيجة لتشجيع العالم أرنست رذرفورد لكلا هذين العالمين، بحث جايجر ومارسدن عن انحرافات مسارية أكبر حجمًا؛ ومن ثم تمكنا بالفعل من اكتشاف الكثير من هذه الانحرافات، والتي تضمنت (مما أدهشهما بالفعل) ارتداد القليل من جسيمات ألفا إلى مصدرها. من المفترض أن يكون العالم أرنست رذرفورد قد انزعج بشدة عندما علم بهذا الأمر. فقد ادعى أن ذلك يبدو كما لو كان المرء يطلق قذيفة مدفع على قطعة من مناديل الورق، ولكنها ترتد إلى الخلف لتصطدم بك وتقتلك.

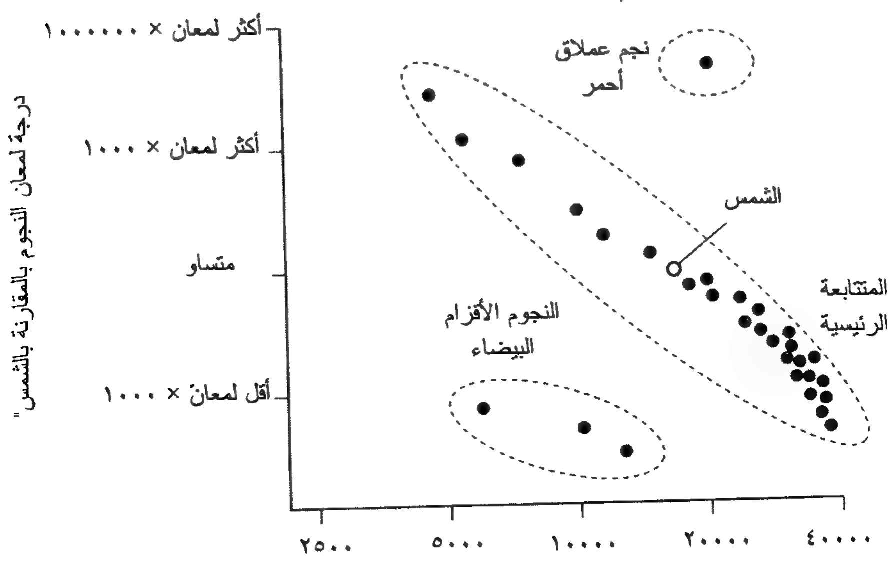
في الحال، قدم العالم أرنست رذرفورد تفسيرًا لحدوث هذا الأمر، حيث إن كتلة الشحنات الموجبة في الذرة تسببت في انحراف جسيمات ألفا موجبة الشحنة، حيث اتجهت كل الجزيئات تقريبًا في مسار مستقيم عبر شاشة التعقب، بينما انحرف عدد قليل منها في اتجاهات أخرى. فلا بد أن كانت كتلة الشحنات الموجبة صغيرة جدًا، أي كانت أصغر ١٠٠٠٠ مرة من حجم الذرة ككل. وإذا أمكن تكبير حجم الذرة لتصل إلى حجم ملعب الكريكت، فإن نواة الذرة ستمثل فقط حجم كرة الكريكت. لقد كان نموذج بودنج البرقوق للعالم جوزيف جون طومسون مليئًا بالفراغات. ويعد هذا الحديث من أهم الأحداث التي وقعت في حياة العالم أرنست رذرفورد. ← رذرفورد ١٩١١ وجايجر ١٩١٢

إسهامات إجنار هرتزسبرنج وهنري راسل في مجال تصنيف النجوم

١٩١٠

إذا نظر أي شخص إلى النجوم في السماء في فترة الليل نظرةً سريعة، فسيجد أن النجوم تتشابه جميعًا في مظهرها العام. ولكن، في الحقيقة يوجد اختلاف كبير بين كل نجم والآخر. فبعض النجوم تتميز ببريق لامع، في حين يتميز البعض الآخر ببريق خافت. كما أن بعض النجوم قد تكون بيضاء أو ذات ضوء أبيض، والبعض الآخر قد يتميز بلون أزرق أو برتقالي أو أحمر. ويعكس اللون درجة حرارة السطح لأي نجم، بالمقارنة على الأقل مع نجمنا "الشمس". فقد اكتشف العلماء أن درجة حرارة النجوم الزرقاء أعلى من درجة حرارة الشمس، بينما تكون درجة حرارة النجوم الحمراء أقل من درجة حرارة الشمس. وتعتبر درجة حرارة النجوم البيضاء

على القدر نفسه من درجة حرارة الشمس تقريبًا. أما بالنسبة لدرجة لمعان هذه النجوم، فالأمر ينطوي على المزيد من التعقيد. فبعض النجوم تكون بطبيعة الحال أبعد من نجوم أخرى، وقد عرف العلماء هذه الحقيقة من خلال قياس اختلاف المنظر لهذه النجوم (١٨٣٨). ولكن حتى عند وضع ذلك في الاعتبار، وجد العلماء أن بعض النجوم تعتبر أكثر لمعانًا بطبيعتها من نجوم أخرى. ونستطيع القول بوجه عام إن النجوم ذات البريق الأكثر لمعانًا تكون أكبر حجمًا من النجوم ذات البريق الخافت.



ترتب النجوم الأقرب بالنسبة لنا في الفضاء في هذا الشكل تبعًا لألوانها أو درجات حرارتها (المحور الأفقي) ودرجة لمعان هذه النجوم مع الشمس (المحور الرأسي). ويظهر هذا الشكل أيضًا الثلاث مجموعات الأساسية، وهي المتتابعة الرئيسية والنجوم الأقزام البيضاء والنجوم العملاقة الحمراء، حيث تعتبر الشمس النجم الأقل لمعانًا بين هذه المجموعة والأكثر حرارة في الوقت نفسه بما يفوق المعدل المتوسط.

في عام ١٩١٠ تقريبًا، بدأ الباحثان إجنار هرتزسبرنج الدانمركي الجنسية وهنري راسل الأمريكي الجنسية كل على حدة في رسم مخططات لهذه النجوم المختلفة على خريطة كبيرة، ليحققا فيما بعد شهرةً كبيرة بالمخطط الذي تمت تسميته على اسمهما. ولوحظت

أكبر وأكثر النجوم لمعانًا في قمة هذا المخطط، بينما كانت النجوم الأقل حجمًا ولمعانًا في أسفل هذا المخطط. وتم رسم النجوم الزرقاء مرتفعة الحرارة في الناحية اليسرى من المخطط، ورسمت النجوم الحمراء الباردة في الناحية اليمنى.

تنتظم النجوم بجانب بعضها بطريقة جذابة ومبهرة. فتقريبًا كل النجوم، أو حتى ٩٠٪ منها، تصطف على خط طويل رفيع من قمة الناحية اليسرى (التي تضم النجوم مرتفعة الحرارة وشديدة اللمعان) وحتى أسفل الناحية اليمنى (التي تضم النجوم منخفضة الحرارة وخافتة اللمعان). وتقع الشمس في مكان ما في منتصف هذا الخط، الذي يطلق عليه اسم المتتابعة الرئيسية. وبمرور الوقت ظهرت مجموعتان أخريان من النجوم. المجموعة الأولى توجد في أعلى قمة الناحية اليمنى، والتي تضم النجوم الحمراء المضيئة اللامعة التي تتسم بحجمها الضخم (النجوم العملاقة الحمراء). بينما توجد المجموعة الثانية في أسفل هذا المخطط، حيث تضم النجوم الأكثر ارتفاعًا في درجة الحرارة (بيضاء) ولكنها ذات ضوء خافت وصغيرة الحجم. أطلق على نجوم هذه المجموعة اسم النجوم الأقزام البيضاء. وبعد تصميم هذا التصنيف للنجوم، تمثل التحدي الكبير في شرح النجوم وسماتها. لماذا تعتبر النجوم العملاقة الحمراء والنجوم الأقزام البيضاء من النجوم النادرة نسبيًا؟ ما السمة الخاصة المميزة لكل مجموعة منهما؟ حتى ذلك التوقيت، لم يكن أحد متأكدًا من تلك الكيفية تستطيع بها النجوم إطلاق هذا المخزون الهائل من الطاقة. ولذلك، كان يجب الإجابة عن مثل هذه الأسئلة قبل الاهتمام بأي شأن آخر. فظهرت تفاصيل أكثر وأعمق تتحدث عن هذا الموضوع في عام ١٩٣٨ (بيث وفون وايسزاشر).

إسهامات بول إيرليخ في مجال مكافحة الأمراض

١٩١٠

قاد الاكتشاف الذي توصل إليه العالم وليم بيركن في عام ١٨٥٦ في منجم الفحم عن وجود صبغة أرجوانية اللون في قطران الفحم - بالرغم من الاعتقاد في أن تلك الصبغة لا تعتبر سوى فضلات - جميع الكيميائيين إلى الاشتراك في سباق البحث عن سر وجود هذا اللون. فبدءوا في تعقب ومعرفة كل أنواع المركبات الكيميائية التي يعتبر الكثير منها من المركبات العضوية (تحتوي على الكربون). ونظرًا لتحسن الطرق المستخدمة في مجال الكشف العلمي، تم استخراج آلاف المركبات

الكيميائية وتسميتها. وقد ازداد فهمنا لعلم الكيمياء بطريقة هائلة، كنتيجة لاكتشاف هذه المركبات الكيميائية، ولكن تمثلت خطة العمل الأساسية في العثور على المركبات الكيميائية التي كانت مفيدة بشكل ما، سواء في مجال الصناعة أو الطب: مثل الصبغات والأدوية والمواد التركيبية التي يمكن تصنيعها وبيعها.

كانت الرؤية التي مفادها أن بعضًا من هذه المركبات الكيميائية الجديدة ربما تساعد على التحكم في المرض وتؤدي إلى تقوية الحالة الصحية عند الأفراد هي الدافع الأساسي للعالم بول إيرليخ الذي قضى سنوات عمله الأولى في العمل مع العالم روبرت كوخ الذي اكتشف الكائنات الحية الدقيقة التي تسبب الإصابة بمرض الجمرة الخبيثة ومرض السل (١٨٧٦). واكتشف بول إيرليخ في سنوات عمره الأولى أن الصبغة الأرجوانية اللون التي اكتشفها وليم بيركن تعتبر مفيدة جدًا في عمل علامات على أنسجة الحيوانات والكائنات الدقيقة، ولذلك فإن الأشكال التي كانت غير مرئية بشكل معتاد قد أصبحت وواضحة الآن. من ناحية أخرى، توصل العالم وولتر فليمينج إلى هذه النتائج نفسها (١٨٦٩). (ولا يزال علماء البكتريا يدرسون حتى اليوم الطرق التي استخدمها هؤلاء العلماء وعلى رأسهم العالم بول إيرليخ.)

بحلول بداية القرن العشرين، اشترك العالم إيرليخ بشكل مكثف في "العلاج الكيميائي"، باحثًا عن المواد الكيميائية التي يمكن استخدامها ضد الأمراض المتعارف عليها والكائنات التي تسببها. تضمن هذا السعي اختبار مئات المركبات الكيميائية وتحديد النافع منها. ولذلك، تم اختيار مئات المركبات من بين آلاف متعددة على أساس طريقة تركيبها بنحو يجعلها قادرة على محاربة الأمراض المتعددة بشكل أكثر فعالية.

تعتمد شهرة بول إيرليخ الواسعة على اكتشافه لمركب سلفرسان (Salvarsan)، وهو المركب الذي يحتوي على عنصر الزرنيخ للقضاء على الكائنات الحية الدقيقة (الجراثيم الملتوية اللولبية) التي تسبب الإصابة بمرض الزهري. وكان الدواء الأكثر نجاحًا في هذا الأمر يتخذ رقم ٦٠٦ في سلاسل المحاولات المجهدة (بالرغم من الحكم على هذه المحاولات في بداية الأمر بكونها غير ذات قيمة). أما بالنسبة للدواء الذي اتخذ الرقم ٩١٤ في هذه السلسلة من المحاولات ألا وهو نيوسلفرسان (Neosalvarsan)، فقد أثبت فعالية أكثر من الدواء السابق.

مثل الكثيرين من قبله، كان يجب أن يتصدى بول إيرليخ للجانب المعارض لأفكاره الجديدة والطرق التي ينتهجها، ولكنه تحفظ في ذلك حتى يستطيع إفادة الصحة العامة وتقوية سمعته الشخصية. تقاسم العالم بول إيرليخ الحصول على جائزة نوبل للطب في عام ١٩٠٨.

إسهامات توماس هانت مورجان في مجال الجينات والكروموسومات وذباب الفاكهة

١٩١١

في عام ١٩٠٠، تمت إعادة اكتشاف نتائج رائد علم الوراثة مندل التي تم التغاضي عنها لفترة طويلة. كان العالم البيولوجي الأمريكي توماس هانت مورجان يدرس ذباب الفاكهة في نيويورك، ساعيًا وراء فهم تطورها التناسلي عبر أجيالها المتعاقبة. انبهر العالم مورجان بتجارب العالم مندل في زراعة نبات البازلاء في حديقته (١٨٦٥) بالرغم من شكه البسيط في قوانين الوراثة التي كشف عنها العالم مندل. كان مورجان حريصًا على التأكد من إمكانية تطبيق هذه القوانين على الحيوانات أيضًا. فذباب الفاكهة من الممكن أن يتناسل حتى ٣٠ جيلاً في سنة واحدة، حيث يستهلك ذباب الفاكهة مساحة ضئيلة ويحتاج إلى القليل من العناية. لذلك، قرر العالم مورجان أن هذه الذبابة تصلح كنموذج لإجراء التجارب عليها.

بدأ مورجان في توليد سلالات مختلطة من هذه الذبابة كما فعل مندل مع نبات البازلاء، باحثًا عن النماذج نفسها. وبعد سنوات من عدم النجاح، اضطر إلى الانقطاع عن هذا العمل عندما ظهر بعض الذباب بعيون بيضاء في جيل واحد. فذبابة الفاكهة لها عيون حمراء بشكل عام. بعدها، عمل على تهجين السلالتين، فوجد أن السلالة جميعها الناتجة لها عيون حمراء، ولكن ظهرت العيون البيضاء (كصفة متنحية) في السلالة التالية بالعدد الذي يؤيد قوانين مندل.

كان كل الذباب ذي العيون البيضاء من الذكور، فاستنتج أن بياض العين له علاقة بنوع الجنس. وحتى الآن كانت كلمة "جين" تستخدم لوصف مجموعة من السمات المتوارثة لصفة معينة، واتفق معظم علماء الأحياء على أن الجينات ترتبط بشكل ما مع الكروموسومات التي تظهر عند حدوث عمليات الانقسام للخلايا (١٩٠٢). في تلك اللحظة، كان للعالم مورجان حظ لا بأس به. فالغدد اللعابية الموجودة لدى ذبابة الفاكهة بها

كروموسومات كبيرة جدًا يسهل رؤيتها ودراستها. فهناك ثمانية كروموسومات في كل خلية (أما الإنسان فلديه ٤٦ كروموسومًا)؛ بحيث تقوم ستة منهم بالانقسام إلى ثلاثة أزواج متطابقة، والكروموسومان الباقيان يكونان مختلفين عن بعضهما، كما اكتشف العالم مورجان. تسمى هذه الكروموسومات بكروموسوم X وكروموسوم Y بسبب هيئتهما ووظيفتهما في تحديد جنس الذبابة. فكلا الكروموسومين XX يعني أن جنس الذبابة أنثى، بينما يعني كلا الكروموسومين XY أن الذبابة من الذكور (وينطبق ذلك الأمر نفسه على الإنسان).

اعتقد مورجان أن الجين الذي يسبب بياض العين يجب أن يكون موجودًا على الكروموسومات Y (ولذلك، يمتلك الذكور من الذباب فقط هذه الصفة). ويدل هذا على أن الجينات المتحكمة في كل السمات المتعددة لذبابة فاكهة كانت توجد على كروموسومات معينة. وإذا قمنا بوضع صبغة على الكروموسومات، فإنه من الممكن أن يتكون لدينا عدد كبير من الأشرطة. في حوالي عام ١٩١١، أعلن مورجان أن هذه الأشرطة من الأنسجة تتمثل في الجينات التي اصطفت معًا على طول الكروموسومات مثل الخرز في خيط. وقد تمكن تلميذه ألفرد ستورتفانت من عمل الخرائط الأولى للكروموسومات، مع توضيح أماكن الجينات التي تحتوي على الصفات الوراثية المتعددة.

بعد ذلك، تعاقبت اكتشافات أخرى. فأي شخص يمكنه أن يتوقع أن الجينات الموجودة فوق كروموسوم معين تنقل الصفات الوراثية كمجموعة واحدة، فمثلاً إذا كان بأية ذبابة فاكهة أي من تلك الصفات، فإنها من الممكن أن تستحوذ على هذه الصفات الوراثية كلها وليس بعضها فقط. وهذا يحدث بشكل شائع ولكن لا يحدث دائمًا. لقد اكتشف مورجان أن عملية التهجين تحدث فعلاً؛ حيث يتم تبادل أجزاء من الكروموسومات خلال عملية تكون الخلايا الجنسية أي البويضة والسائل المنوي اللذين يتحدان معًا لتكوين الجيل التالي. وتضيف عملية التهجين قدرًا كبيرًا من التنوع في هذه الصفات الوراثية في الجيل الجديد عن طريق مزجها معًا لإنتاج قدر أكبر من الفروق وذلك لكي يظهر تأثير نظرية تشارلز داروين المتعلقة بالانتخاب الطبيعي (١٨٥٩). إن هذا الأمر يمثل بالفعل قوة فعالة فيما يخص التنوع في الطبيعة من حولنا.

بمرور الوقت، كتب مورجان نظريته عن آلية قوانين مندل الوراثية في عام ١٩١٥، حيث أعلن أن تشككه تجاه نظرية العالم مندل ونظرية العالم داروين الخاصة بالانتخاب الطبيعي قد زال تمامًا. فقد عمل مورجان على فحص وتجميع الأدلة التي أقنعته بنظريات هذين العالمين وأضاف الكثير من الأدلة الخاصة به. وفي عام ١٩٣٣، أصبح مورجان أول عالم لا يعمل كطبيب يتم منحه جائزة نوبل في الطب.

إسهامات ماري كوري في مجال الإشعاع

١٩١١

تمثل حياة وموت العالمة ماري كوري وثيقة عن تأثير النشاط الإشعاعي، سواء كان استخدام هذا النشاط الإشعاعي يتم بشكل إيجابي أم سلبي. فخلال الحرب العالمية الأولى، كانت ماري كوري رائدةً في استخدام غاز الرادون الذي نتج عن عنصر الراديوم، والذي اكتشفته هي وزوجها في عام ١٨٩٨ كعلاج لمرض السرطان. فقد كان يتم وضع غاز الرادون في القوارير الزجاجية ليتم إدخاله بشكل مباشر في الأورام.

فقد ناقشت هذه العالمة بعض الاحتمالات مع زوجها بيير قبل سنوات عديدة من ملاحظتهما لتأثير النشاط الإشعاعي على أنسجة الكائنات الحية. وقد انتشرت الندبات على أيديهما نتيجة لتأثير التعامل مع المواد الكيميائية المشعة يوميًا. كانا دائمًا ما يعانيان من الإرهاق، ويرجع ذلك جزئيًا إلى الطبيعة القاسية لهذا العمل، كما يرجع أيضًا إلى التأثيرات المتراكمة نتيجة التعرض للإشعاع. فذات يوم، ربط زوجها بيير عينة صغيرة للغاية من عنصر الراديوم حول ذراعه، فأدى ذلك إلى حدوث جرح يشبه الحرق والذي استغرق ثلاثة شهور للالتئام وترك ندبة دائمة على ذراعه.

توفيت العالمة ماري كوري في عام ١٩٣٤ إثر إصابتها بمرض سرطان الدم الذي حدث على الأرجح بسبب التعرض الدائم طوال عمرها للإشعاع الناتج عن عنصر الراديوم وإشعة إكس. ففي أثناء فترة الحرب، تولت ماري كوري مسئولية توصيل أجهزة أشعة إكس للمساعدة في علاج المجروحين في الخنادق، حتى أنها كانت في أغلب الأمر تقوم بالتقاط هذه الصور الفوتوغرافية بنفسها دون أن تتخذ إجراءات الحماية المناسبة. كذلك، فقد كانت

تحتفظ بعينة صغيرة من الراديوم بجانبها على السرير كنوع من الإضاءة الليلية حيث إن هذا العنصر المشع يضيء في الظلام.

ينبغي علينا ألا ننسى أنه عند اكتشاف عنصر الراديوم، لم يكن أحد ليعرف أنه سيكون مفيدًا في المستشفيات. فقد كان هذا الاكتشاف مجرد اكتشاف من أجل العلم فقط، وذلك بمعزل عن أي اهتمامات أخرى. ويعتبر هذا دليلاً على أن الاكتشافات العلمية لا ينبغي أن ينظر إليها من وجهة النظر التي تختص بالفائدة المباشرة التي نحصل عليها من خلال هذه الاكتشافات. فينبغي علينا الاهتمام بالعلم من أجل العلم نفسه، ومن أجل بهاء العلم؛ ومن ثم، ستكون هناك دائمًا فرصة لكي تصبح الاكتشافات العلمية مثل عنصر الراديوم، ذات فوائد عظيمة للمجتمع الإنساني.

ماري كوري

أصبحت حياة ماري كوري صعبة منذ الوفاة المفاجئة لزوجها بيير في عام ١٩٠٦. فتولت مسئولية منصبه وأبحاثه في جامعة السوربون، وهي المرة الأولى التي تتولى فيها امرأة مسئولية منصب في هذه الجامعة. وقد حازت هذه العالمة الجليلة على جائزة نوبل للمرة الثانية في عام ١٩١١ ولكنها فشلت في الحصول على دعوة لحضور مؤتمر مع النخبة من علماء الفيزياء من الرجال وذلك لفشلها في الحصول على عدد مناسب من الأصوات للانضمام إلى الأكاديمية الفرنسية للعلوم بالرغم من اقتراب الفرق في عدد الأصوات.

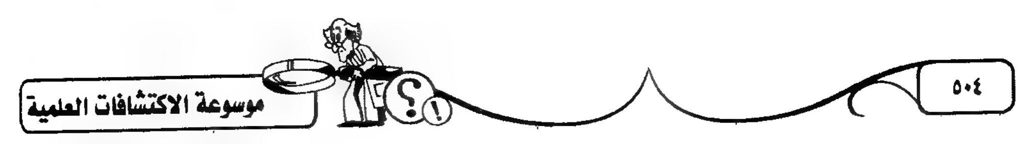
منذ حصول ماري كوري على جائزة نوبل عام ١٩٠٣ في الفيزياء، اعتقد البعض أن جائزة نوبل في الكيمياء عام ١٩١١ كانت مخصصة للعمل نفسه. ولكن اكتشافها الرائع المبتكر منذ عام ١٩٠٣ تمثل في فصل عنصر الراديوم النقي عن شوائبه. ولذلك، فقد كانت قادرةً حينئذٍ على التعرف على خصائص عنصر الراديوم بالتفصيل. ونظرًا لأهمية عنصر الراديوم التي تتزايد يومًا فيومٍ، وخاصةً في مجال الطب، فإن هذا العمل كان عملاً مهمًا للغاية.

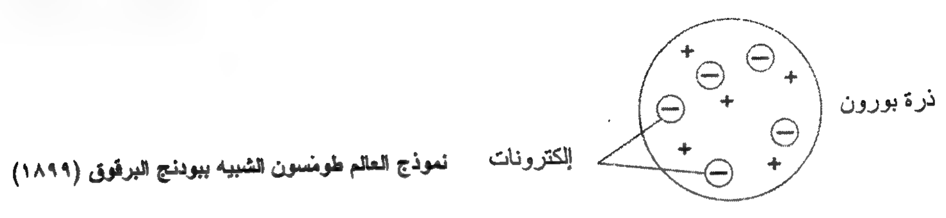
إسهامات أرنست رذرفورد ونيلز بور في تركيب الذرة

١٩١١

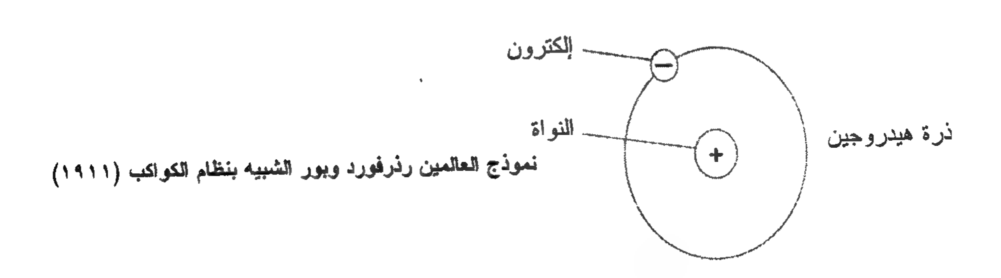
لقد اهتزت الأوساط العلمية فيما يخص علم الفيزياء في عام ١٩٠٩ بالاكتشاف الذي توصل إليه العالم رذرفورد وبعض من زملائه في جامعة مانشستر. تمثل هذا الاكتشاف في حقيقة أن الذرات ليست كرات صلبة تتكون من شحنات موجبة وسالبة، كما اعتقد العالم جوزيف جون طومسون من قبل (١٨٩٩)، ولكنها عبارة عن مساحة فارغة مملوءة بكتلة صغيرة جدًا من الشحنات الموجبة في المركز. وقد أثار هذا الاكتشاف الكثير من الأسئلة، بدلاً من العثور على إجابات لمشاكل أخرى. تمثلت تلك الأسئلة المثارة فيما يلي: أين توجد الإليكترونات سالبة الشحنة طيلة هذا الوقت؟ إذا كان هناك بعض الانحرافات في المنطقة المحيطة بالنواة، فما الشيء الذي منع هذه الإليكترونات من الانجذاب بفعل قوة الجذب الكهربائية؟ وما الشيء الذي تسبب في منع النواة التي تمتلئ بالشحنات الموجبة من الانفجار؟

بحلول عام ١٩١١، تمكن العالم رذرفورد من العثور على بعض الإجابات التمهيدية. فقد استقر هذا العالم بالفعل على إطلاق اسم النواة على الكتلة المركزية للشحنة، مشبهًا إياها بالنقطة متناهية الصغر التي توجد في قلب كل خلية نباتية وحيوانية (١٨٣٨). واقترح هذا العالم أن الإليكترونات تتحرك في حركات دائرية مستمرة حول النواة، تمامًا مثلما تدور الكواكب في مدارات حول الشمس. وقال هذا العالم أيضًا إن الإليكترونات لا تسقط داخل النواة لوجود السبب نفسه الذي يمنع الأرض من السقوط داخل الشمس. وهكذا فإن الإليكترونات تتحرك في مدارات حول النواة بشكل مستمر.

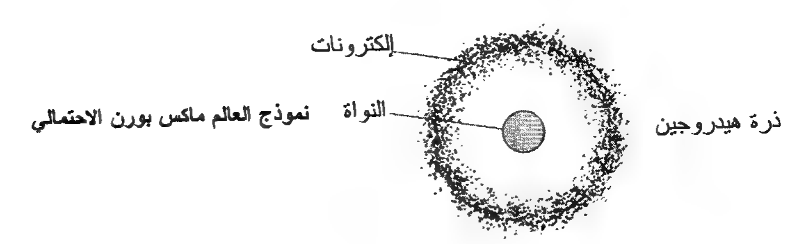




نموذج العالم طومسون الشبيه ببودنج البرقوق (١٨٩٩)



نموذج العالمين رذرفورد وبور الشبيه بنظام الكواكب (١٩١١)



نموذج العالم ماكس بورن الاحتمالي

توضح هذه الأشكال ربع قرن من الأفكار الجديدة عن الذرة. فقد اعتقد العالم جوزيف جون طومسون (١٨٩٩) أن الإليكترونات داخل الذرة تلتصق بكتلة من الشحنات الموجبة مثل وحدات البرقوق في حلوى البودنج. بينما شبه العالمان رذرفورد وبور الذرة بالنظام الشمسي؛ حيث تتحرك الإليكترونات في مدارات دقيقة في النواة مثلما تدور الكواكب حول الشمس.
لكن تطلب نمو علم فيزياء الكم ومبدأ عدم التحديد الخاص به استبدال الفروض المؤكدة والدقيقة بالافتراضات والاحتمالات. وبحلول منتصف فترة العشرينيات من القرن العشرين، شبه العالم ماكس بورن – على سبيل المثال – الإليكترونات بالسحب حيث تمثل درجة ظلام السحب فرص وجود الإليكترون في مكان بدلاً من وجوده في مكان آخر.

لكن، ظهرت فجأة مشكلة أخرى. تمثلت هذه المشكلة في أنه عندما تزداد سرعة جسيم مشحون، مثل الإليكترون (لتغيير سرعته و/أو اتجاهه)، فإنه ينطلق منه قدر من الطاقة. وبهذه الطريقة تمكن العالم الجليل هاينريتش هيرتز من استعادة الموجات اللاسلكية مرةً أخرى في عام ١٨٨٨، حيث كانت الشرارات التي استخدمها في الحقيقة عبارة عن

إليكترونات صممت للقفز بسرعة كبيرة للخلف والأمام. فإذا كانت الإليكترونات تدور حول النواة، فإنها تغير من اتجاه حركتها بشكل مستمر، ولذلك فلابد أن هذه الإليكترونات ينطلق منها قدر من الطاقة طول الوقت، فتقل سرعتها ثم تسقط بداخل النواة في أقل من ثانية.

بالطبع، لم يحدث ذلك بالضبط. فقد كان العالم رذرفورد في حاجة إلى تفسير مبدئي، ولذلك كان منزعجًا إلى حد ما بصدد توقع كل شخص العثور على كل إجابات هذه الأسئلة السابقة في وقت واحد. إلا أنه تم العثور على إجابة بالفعل في شكل بحث قام بإجرائه أحد الطلاب الباحثين؛ وهو نيلز بور الذي كان من أصل دانمركي. كان نيلز بور قد وصل إلى جامعة مانشستر في عام ١٩١٢ بعد فشله في التواصل مع العالم جوزيف جون طومسون (١٩٠٧) في معمل كافندش في جامعة كامبريدج. وكان هذا العالم محبًا لشخصية رذرفورد الذي كان لا يبخل في مدح وتقدير عمل الآخرين.

تمتع العالم نيلز بور برجاحة العقل والموهبة والإبداع. فقد كان دائمًا ما يطرح على نفسه سؤالاً: لماذا لا ينطلق من الإليكترونات التي تدور حول النواة قدر معين من الطاقة؟ ولكن نيلز بور أجاب بأن هذه الإليكترونات لا تُشِع أي قدر من الطاقة، طالما أنها تدور حول النواة في المدارات التي تناسبها وتناسب كتلتها. ولكنها تفقد قدرًا من الطاقة أو تكتسبه، عندما تنتقل فقط من مدارها إلى مدار آخر حول النواة.

لكن ما الأسباب التي تجعل مدارًا يسمح للإليكترونات بالدوران فيه؟ وكانت إجابة هذا العالم عن هذا السؤال هي ما جعلته مؤسس علم فيزياء الكم. فمثلما هو الحال مع المادة (الذرة) والشحنة الكهربائية (الإليكترون) (١٨٩٧) والطاقة (نظرية الكم المتعلقة بالعالم ماكس بلانك ١٩٠٠)، هناك شيء ما حول المدارات يجب أن يتم قياس كميته الأمر الذي يسمح بوجود بعض القيم الدقيقة والمعينة في الأحوال الطبيعية. يقول العالم نيلز بور إن ما تم قياس كميته كان كمية الحركة الزاوية للإليكترون، وهي عبارة عن كتلة الإليكترون وسرعته والمسافة التي يبعدها عن النواة. للمدارات التي تسمح للإليكترونات بالدوران بها كم واحد أو اثنين أو ثلاثة أو أكثر من مقدار كمية الحركة الزاوية. ولذلك، فإن رقم واحد أو اثنين أو ثلاثة وما يليها تعبر عن العدد الكمي لهذه المدارات.

يتضمن الاختلاف في الكميات المسموح بها من كمية الحركة الزاوية، الرقم نفسه الذي اعتاد بلانك استخدامه في تحديد مقدار كم الطاقة وفقًا لنظرياته - وكان يطلق على هذ الرقم ثابت بلانك. وكان هذا يمثل تطورًا مذهلاً، وبداية لطريقة جديدة وشاملة للتفكير بخصوص علم الفيزياء. فهذا الأمر يفسر الكثير من الظواهر؛ بدءًا من ألوان الضوء التي تنبعث من العناصر الكيميائية المختلفة (١٩١٣) وانتهاءً بتصميم الجدول الدوري للعناصر (١٩٢٤). ← بور ١٩١٣ ورذرفورد ١٩١٩.

إسهامات هنريتا ليفت في مجال الفلك

١٩١٢

في عام ١٩٠٢، حصلت العالمة هنريتا ليفت على منصب دائم في المرصد الفلكي في جامعة هارفارد في الولايات المتحدة الأمريكية، بعد العمل كمتطوعة لعدد من السنوات. وكان عملها المتمثل في تحليل صور النجوم على ألواح فوتوغرافية شيئًا دقيقًا، فقد كان يُسند إليها أدوار رئيسية في المشروعات الرئيسية، لتطوير وتصميم معيار دقيق يمكنه أن يقيس درجة لمعان وبريق النجوم، كما يظهر من خلال الصور.

في حوالي عام ١٩١٢، عملت ليفت على مجموعة من النجوم المتغيرة (وهي النجوم التي تختلف درجة لمعانها بمرور الوقت)، والتي تسمى بالقيفاويات (المتغيرات الدورية). وقد عثرت هذه العالمة على أول هذه النجوم في عام ١٧٨٤ في أثناء ظهور كوكبة قيفاوس، التي أطلق عليها هذا الاسم فيما بعد. وتعتبر مجموعة المتغيرات الدورية ذات خطى منتظمة فيما يتعلق بتغيراتها الضوئية التي تحدث على مدار أيام أو أسابيع؛ حيث استطاعت العالمة ليفت أن تلتقط هذه التغيرات بسهولة من خلال استخدام ألواح فوتوغرافية تتعرض لهذه التغيرات في أوقات مختلفة، ومقارنتها فيما بعد. وقد ركزت على المجموعتين العظيمتين للنجوم اللتين توجدان في السماء القطبية الجنوبية التي تعرف باسم سحب ماجلان؛ حيث شوهدت هذه النجوم لأول مرة من قبل البحار الأسباني فرديناند ماجلان في القرن السادس عشر.

عثرت العالمة ليفت على ٢٥ متغيرًا من المتغيرات الدورية بين النجوم المختلفة، ولاحظت من خلال هذه الاكتشافات حقيقة جديرة بالاهتمام. فكلما ظهر النجم في قمة لمعانه، فإن فترة بقائه ستكون أطول؛ أي سيزداد الوقت الذي يستغرقه النجم لكي يمر بدورة التغير الخاصة به. فأدركت العالمة أنه بسبب تجمع هذه النجوم معًا وبُعدها عن الأرض بمسافات متساوية تقريبًا، فإن النجوم التي ظهرت ببريق متساوٍ كانت كذلك بالفعل. ومن كل تلك الملاحظات، استنتجت العالمة ليفت أن الوقت الذي يستغرقه متغير دوري لإكمال دورة التغير الخاصة به يعد مقياسًا لدرجة لمعانه.

تولى العالم الدانمركي إجنار هرتزسبرنج، الذي اشترك في المخطط المشهور لتصنيف النجوم ألا وهو مخطط هرتز سبرنج – راسل (١٩١٠)، مسئولية إكمال هذا البحث عن النجوم ومعرفة مزيد من الحقائق عنها. فوجد في دراسته لهذه النجوم، أن المسافة لبعض مجموعات المتغيرات الدورية تعتبر أكثر قربًا من الأرض وذلك من خلال قياس اختلاف المنظر لكل منها (١٨٣٨). وسمح له ذلك الاكتشاف بأن يربط بين اللمعان الفعلي لمجموعة نجوم المتغيرات الدورية بدقة مع الفترة التي تقضيها تلك النجوم في دورة التغير. ولذلك، إذا أمكن قياس فترة تغير مجموعة من المتغيرات الدورية في أي مكان في هذا الكون، فإن درجة لمعانها الظاهر ستكون دليلاً مؤكدًا لمعرفة المسافة التي تبعد بها هذه المجموعة عن الأرض بدقة. وقد كانت هذه خطوة كبرى للمضي قدمًا في وضع شكل تخطيطي للكون بأكمله. أصبحت المتغيرات الدورية التي اكتشفتها العالمة ليفت بمثابة معيار لقياس المسافات في الكون. وقد أثبت ذلك أن ما توصلت إليه هذه العالمة يعد أمرًا حيويًا للإجابة عن الأسئلة الأخرى المتعلقة بحجم وشكل النظام النجمي وعلاقته بالنظم الأخرى.

كانت هنريتا ليفت عالمة بارزة في وقت قلما تجد فيه امرأة تتألق في المجالات العلمية. ويرجع نجاحها العلمي إلى اجتهادها في العمل وتفانيها لكشف أغوار العديد من أسرار الطبيعة، بالدرجة نفسها التي تغلبت بها على مرضها المزمن والصمم الذي أصابها، بالإضافة إلى كونها امرأة بين زملائها من الرجال. ومن خلال عملها، عثرت هذه العالمة على أكثر من نصف عدد النجوم المتغيرة التي تم اكتشافها إلى أن وافتها المنية إثر إصابتها بمرض السرطان عن عمر يناهز ٥٣ عامًا.

إسهامات فيكتور هس في مجال الإشعاع الكوني

١٩١٢

كرَّس عالم الفيزياء النمساوي فيكتور هس حياته لدراسة العلوم. ففي عام ١٩١٢، قام بالتحقيق في ظاهرة طالما أثارت فضوله العلمي، فاستقل منطادًا وارتفع به دون أسطوانات أكسجين، إلى أن وصل إلى ارتفاع خمسة آلاف متر. ونتيجة لهذا المجهود، استطاع هذا العالم الطموح الحصول على ثمرة ما بذل؛ حيث وجد دليل صحة نظريته، مما أسهم في حصوله على جائزة نوبل في الفيزياء عام ١٩٣٦.

أما إذا أردنا أن نفهم ما هو ذلك الشيء الذي دفع فيكتور هس إلى إجراء هذه التجربة. فلا بد أن نرجع إلى ما قبل تلك المرحلة بقليل. كانت البداية تتمثل في اكتشاف النشاط الإشعاعي على يد العالم هنري بيكيريل في عام ١٨٩٦، حيث كان هذا الاكتشاف بمثابة الصدمة نظرًا لحدوثه في وقت اعتقد فيه الجميع انتهاء الاكتشافات في الأوساط العلمية. فقد تم اكتشاف تسلل الإشعاع بشكل طبيعي من المعادن التي تحتوي على عناصر مثل اليورانيوم والثوريوم. كان هذا الإشعاع متأينًا (مثل أشعة إكس)؛ حيث يمكن لهذا الإشعاع أن يعطي ذرات الهواء شحنات كهربائية. وبعد ذلك، يحمل الهواء العادي – الذي يعمل كمادة عازلة عادةً – هذه الشحنات الكهربائية. لذلك، إذا تم تخزين بعض الشحنات الكهربائية (داخل أداة تُسمى بالمكشاف الكهربائي)، فسيتسرب هذا التيار ببطء من خلال الهواء. وكلما زاد الإشعاع هنا، زادت سرعة اختفاء الشحنات المخزونة.

اكتشف الباحثون أن تقديرهم لكمية الإشعاع الكلية المنبعثة من المعادن المشعة في التربة. مثل الصخور وأحجار البناء وغيرها، كان يقل عن الكمية التي قاموا بقياسها بالفعل. والأكثر من ذلك، أثبتت عملية تصوير الإشعاع منخفض الكثافة، التي افتقرت إلى القياسات الدقيقة، صعوبتها. فبعض هذا الإشعاع اخترق طبقة تقدر بحوالي ١٠ سم من الرصاص. التي كانت من المفترض أن توقف أي نوع من أنواع الأشعة الإشعاعية. وتم التوصل إلى حقيقة وجود مصدر قوي للإشعاع لديه القدرة على اختراق الأشياء. ولكن السؤال الذي يجب معرفته هو أين يوجد هذا المصدر؟

تساءل العالم فيكتور هس – الذي قام فيما بعد بالتدريس في جامعة جرادز بالنمسا – عن احتمال عدم انبعاث الإشعاع من التربة، حيث من الممكن أن يكون انبعاثه من خلال

الطبقات الأعلى أو من الغلاف الجوي المحيط بالأرض أو من خلال الفضاء نفسه. ولذلك، قرر هذا العالم أن يخوض تجربة المنطاد الجريئة. وأظهر المعدل الذي تقل به الشحنات الكهربائية من خلال المكشاف الكهربائي أن انبعاث الإشعاع يصبح أكثر قوة كلما ارتفع المنطاد لأعلى. وكانت قوة انبعاث هذا الإشعاع بنسبة ١٠ مرات أقوى في قمة المنطاد عن انبعاثها على سطح الأرض. وقد سمي هذا الإشعاع فيما بعد بالإشعاع الكوني.

كرس العالم فيكتور هس بقية عمله البحثي من أجل كشف النقاب عن هذه الألغاز المحيرة. وفي عام ١٩٣٩ على سبيل المثال، وجد أن كمية الإشعاع القادم إلينا من الفضاء أخذت في الارتفاع والانخفاض عبر فترة تتكون من سبعة وعشرين يومًا، وهذا الأمر ينطبق على دوران الشمس. فالشمس تنتج الكثير من الإشعاع الكوني منخفض الكثافة أو على الأقل تؤثر عليه.

في إحدى الفترات، ترك العالم فيكتور هس النمسا في عام ١٩٣٧ هروبًا من اضطهاد النازية، واستقر في الولايات المتحدة الأمريكية. وكان هذا العالم من بين الكثيرين الذين فعلوا الأمر نفسه، مما أدى إلى تقوية النهضة العلمية في الولايات المتحدة الأمريكية.

إسهامات تشارلز دوسون في مجال الحفريات

١٩١٢

نادرًا ما يكون هناك مجال للخداع في مجال العلوم بشتى أنواعها. ففي الوقت الذي ارتكب فيه الكثير من الباحثين - حتى النخبة البارزة منهم - أخطاءً، ادعى عدد قليل من الأشخاص باكتشاف أشياء لم يقوموا باكتشافها في الواقع، وإذا افترضنا نجاحهم في هذا الادعاء، فسرعان ما سينكشف أمرهم. وتؤدي هذه الشفافية، بالرغم من عدم خلوها الكامل من العيوب، إلى استمرار المجال العلمي في المضي قدمًا. وتنبثق هذه الشفافية من الانفتاح تجاه الأدلة ونشرها، حتى يمكن للآخرين تكرار هذه التجارب وفحص النتائج بأنفسهم. أما إذا لم يتم تكرار تلك النتائج، فإنه يتم تجاهلها في الأغلب.

في عام ١٩١٢، قام تشارلز دوسون الذي يعمل كمحامٍ وباحث في مجال الأجناس البشرية ببعض أعمال الحفر فوجد جمجمة غريبة في حفرة ممتلئة بالحصى في مدينة

بلتداون في إنجلترا. فقام على الفور بالإبلاغ عما توصل إليه للمتحف البريطاني. وبمرور عدة سنوات بعد هذه الحادثة، تم العثور على المزيد من العظام، التي كان من بينها فك. وعندما عُقد اجتماع بخصوص هذا الشأن، تسببت جمجمة "إنسان بلتداون" في تحدي النظريات الموجودة في ذلك الوقت حول أصل البشر. فهيئة الجمجمة الحديثة بالإضافة إلى فكها الذي يشبه القرد كانت تختلف إلى حد ما عن مظهر الجنس البشري الذي كان من المفترض أنه كان يعيش في تلك الفترة نفسها تقريبًا، أي منذ حوالي خمسمائة ألف سنة، حيث تم تقدير تلك الفترة في ضوء العمق الذي تم اكتشاف بقايا "إنسان بلتداون" فيه.

بالرغم من الصراع من أجل كشف أسرار "إنسان بلتداون"، وبالرغم من وفاة مكتشفه دوسون في عام ١٩١٦، استمر الآخرون في محاولة العثور على تفسير لما يُعرف علميًا باسم الإنسان البدائي الذي اكتشفه دوسون. وكان يصلح لتفسير الحلقة المفقودة بين القرود والبشر، حيث أصبح للبريطانيين إنسان بدائي يعبر عن هويتهم. وقد تم التوصل إلى العديد من الاكتشافات والنتائج المهمة بصدد الكرومانيين وسكان نياندرال في كل من ألمانيا وفرنسا (١٨٥٦).

لمدة أربعة عقود من الزمن، تمت إزاحة هذه العظام بعيداً عن الدراسة والفحص، لدوافع أمنية بشكل ظاهري، بالرغم من إمكانية وجود دوافع جديدة للقيام بذلك. وفي عام ١٩٥٣، أظهر عنصر الفلور المشع أن كلاً من الجمجمة والفك كانا مختلفين بدرجة كبيرة من ناحية العمر؛ حيث قد ترجع الجمجمة إلى خمسمائة ألف سنة ماضية، بينما يرجع الفك إلى عقود قليلة ماضية. وأثبتت اختبارات أخرى أن الفك تمت معالجته كيميائيًا بصورة معينة حتى يبدو أثريًا. كذلك، فإنه في الوقت الذي تم فيه إثبات أن الجمجمة تنتمي للبشر، فإن الفك قد أثبت أنه ينتمي لقرد يسمى بإنسان الغاب، بالرغم من أن الأسنان كانت تنتمي لشمبانزي، وقد تم وضع كل هذه الأشياء لتتناسب معًا.

بدا من كل ذلك أن شخصًا ما قد خاض الكثير من المشاق من أجل أن يجعل العظام تبدو حقيقية، وقام بدفنها في المكان الذي يسمح باكتشافها. واستمرت المناقشات الجدلية حتى يومنا هذا حول من ارتكب هذه الخدعة وما سبب فعله لهذا الأمر، بالرغم من أن دوسون نفسه كان المشتبه الأول. وقد تمسك المعارضون لفكرة التطور والتقدم بهذا الأمر، من

أجل التشكيك في صحة الأدلة الأخرى، بالرغم من تأكيدنا على أن هذه الحالة تظهر أن الأمر سهل نسبيًا لأي شخص لعرض أدلة مزيفة وغير حقيقية، وذلك عندما تتاح له الفرصة المناسبة.

إسهامات فيستو سليفر في مجال الضوء

١٩١٢

عندما توصل العالم كريستيان دوبلر إلى التأثير المعروف باسمه في عام ١٨٤٢، أدرك حقيقة تطبيق هذا التأثير ليس فقط على الموجات الصوتية ولكن على الموجات الضوئية كذلك. فطبقة الصوت الخاصة بصفارة الإنذار تقل (تكون ذات طول موجي أطول)، عندما تتوغل الموجة الصوتية إلى أماكن بعيدة؛ وترتفع (تكون ذات طول موجي أقصر)، عندما تقترب بشكل أكبر. وبالمثل، وضع هذا العالم نظرية مفادها أن مصدر الضوء المرتد سيكون أكثر احمرارًا، حيث يمثل اللون الأحمر الموجات الأطول، بينما سيكون مصدر الضوء القريب أكثر اكتسابًا للون الأزرق، حيث يمثل هذا الضوء الموجات الأقصر طولاً. وبالطبع، تعتبر سرعة الضوء أكبر من سرعة الصوت بشكل كبير للغاية. كما أن مصادر الضوء تبدو وكأنها تتحرك بسرعة كبيرة جدًا بالفعل، لكي تظهر الزحزحة الحمراء والزرقاء في الأجواء المحيطة بهما.

لقد اتضحت هذه الظاهرة بالفعل ليس على الأرض فقط، بل بين النجوم أو لنكون أكثر دقة بين السديم. فقد كانت هذه الحزم الضوئية الصغيرة والملونة مثارًا للجدل لعدة قرون. وتم التعرف على عشرات الآلاف منها. واتصفت معظم هذه الحزم الضوئية بأشكال غير منتظمة، ولكن بعضها بدا ذا شكل لولبي. ثمة بعض الأدلة التي أشارت إلى وجود النجوم في منتصف هذه الحزم أو وجود مجرد غازات في المنتصف.

في حوالي عام ١٩١٢، قام عالم الفلك الأمريكي فيستو سليفر بفحص الضوء من بعض هذا السديم من خلال المطياف (سبكتروسكوب). تسببت هذه الأداة في تقسيم الضوء إلى الألوان المكونة له (فرانهوفر ١٨١٤)، كما أدت إلى كشف الضوء والخطوط السوداء التي أظهرت وجود عناصر متعددة. وكان الخطان الواضحان باللون الأصفر اللذان ولدهما بخار الصوديوم في سحب السديم في تذبذب مستمر، وكان من السهل التعرف عليهما، إلا أنه لم

يكن من المعتاد أن يظهر لونهما الأصفر في مثل هذه المنطقة. وفي كل حالة تقريبًا، كانت هذه الخطوط بها زحزحة حمراء – أي تتحول إلى اللون البرتقالي أو حتى اللون الأحمر – مشيرةً إلى أن السديم كان دائم الانتقال والتحرك في تلك الأثناء. فاقت كمية الزحزحة الحمراء انتشار ضوء أي نجم آخر تم التعرف عليه بمقدار ثلاث مرات. ولذلك، يتحرك هذ السديم بصورة أسرع من أي نجم آخر. ولكن كانت هناك حالة واحدة من انتقال الضوء الأزرق، والتي ظهرت بوضوح في أكبر سحب السديم حجمًا وأكثرها لمعانًا في كوكبة الآندروميدا الشمالية. لذلك، إذا كان دوبلر على حق، فإن هذه السحب من السديم كانت تقترب بشدة من كوكب الأرض.

لاحظ العالم سليفر شيئًا آخر بالإضافة إلى ما سبق ذكره. بين سحب السديم الحلزونية الشكل، كلما ازدادت حركة انتشار زحزحة الضوء الأحمر فيها، بدا ذلك الضوء الأحمر باهتًا إلى حد ما. وإذا كانت سحب السديم الباهتة في مكان أكثر بعدًا، فإن ذلك يعني أن سحب السديم التي تتحرك بأسرعِ ما يكون ستصل إلى أبعد مكان يمكن أن تصل إليه. من ناحية أخرى، كان سليفر رجلاً يتسم بالحذر، فلم يعمل على الربط بين هذين الأمرين. ولكن بعد حوالي عشرين عامًا، قام العالم أدوين هابل بالربط بين هذين الأمرين (١٩٢٩).

إسهامات ألفرد فاجنر في زحزحة القارات

١٩١٢

إذا نظرت إلى خريطة العالم، فستجد في الحال مدى تشابه السواحل على جانبي المحيط الأطلنطي. فإذا لم يكن المحيط موجودًا في ذلك المكان الحالي، فسوف يتطابق شكل قارة أمريكا الجنوبية مع قارة أفريقيا على نحو شديد الوضوح. وكان العالم فرنسيس بيكون (١٦٢٦) هو من لاحظ ذلك. ولكن عادةً ما تم تجاهل ذلك على أنه من قبيل المصادفة.

كان باحث الطقس الألماني ألفرد فاجنر في الثلاثينيات من عمره عندما تناول هذه الملاحظة لأول مرة بشكل جدي. وبينما كان يبحث في المجلات العلمية، اكتشف أدلة أخرى تكشف عن أنه كان هناك رابط ما بين قارتي أفريقيا وأمريكا الجنوبية. فقد بدا الكثير من بقايا حفريات النباتات والحيوانات في كلتا القارتين متشابهة إلى حد كبير، ولكن

كان هذا الأمر معتادًا عن طريق فكرة تخيل جسر أرضي كان يصل ذات يوم بين القارتين، ولكنه غرق الآن تحت المحيط.

اقترح العالم فاجنر شيئًا أكثر تطرفًا تمثل في اعتقاده بأن كلتا القارتين قد التحمتا مع بعضهما البعض بشكل فعلي في وقت لم يكن فيه المحيط الأطلنطي موجودًا. والأكثر من هذا هو اقتراحه أن القارات كلها كانت عبارة عن قارة واحدة كبيرة، امتدت بطول القطبين. فأطلق فاجنر على هذه القارة الكبيرة اسم أم القارات "بانجيا" وهو المعنى المشير إلى كل القارات. وقد تفككت هذه الأرض منذ حوالي ٢٠٠ مليون سنة، ومنذ ذلك الوقت تزحزحت القارات إلى أن وصلت إلى أماكنها الحالية.

لم تُستقبل الأفكار القليلة الجديدة بذلك العداء الذي تم به استقبال فكرة العالم فاجنر من قبل مختلف العلماء. فقد أدان الوسط العلمي العالمي هذه الفكرة، فيما عدا القليل من الاستثناءات، حيث تم النظر إليها على أنها فكرة سخيفة ولا أساس لها. وجاءت معظم الانتقادات الحادة واللاذعة فيما يتعلق بالاستياء من كون العالم فاجنر متخصصًا في علم الأرصاد الجوية، وبالرغم من ذلك فإنه يقوم بوضع نظريات عن علم الجيولوجيا. من ناحية أخرى، فقد احتوت بعض الانتقادات التي وجهت إلى نظريته على العديد من النقاط الجيدة والمثيرة للاهتمام. ومن أكثر هذه الانتقادات أهميةً، هي المتعلقة بالسؤال الذي يستفسر عن القوى القادرة على تحريك هذه الكتل الهائلة من الصخور الصلبة من خلال كتل هائلة من صخور صلبة في قاع المحيط.

كان لدى فاجنر العديد من الاقتراحات التي تتضمن قوة الجذب الشمسية أو القمرية ودوران الأرض حول نفسها، ولكن كانت كل هذه الاقتراحات غير كافية لتفسير فكرته. أما عن الكيفية التي انتقلت بها القارات كان لا يزال مجرد سؤال دون إجابة شافية حتى ذلك الوقت. ولكن حقيقة انتقال هذه القارات وتحركها من مكان لمكان تعتبر حقيقة مثيرة للاهتمام. فقد ظهرت هذه الحقيقة من خلال عدة عوامل؛ مثل تشابه شكل هذه القارات وتوزيع النباتات والحيوانات في الوقت الحاضر والماضي ووجود نوع متشابه جدًا من الصخور بالإضافة إلى تطابق الرواسب المعدنية في الكتل الأرضية في كل القارات، والتي

انتشرت على نطاق واسع في الوقت الحالي، فضلاً عن الأدلة التي تؤكد أن القارات المتعددة كان لها ذات يوم مناخ مختلف تمامًا عن الموجود حاليًا. اعتقد فاجنر أن هذه النقطة الأخيرة، على وجه الخصوص، قادرة على إقناع الآخرين بصحة نظريته.

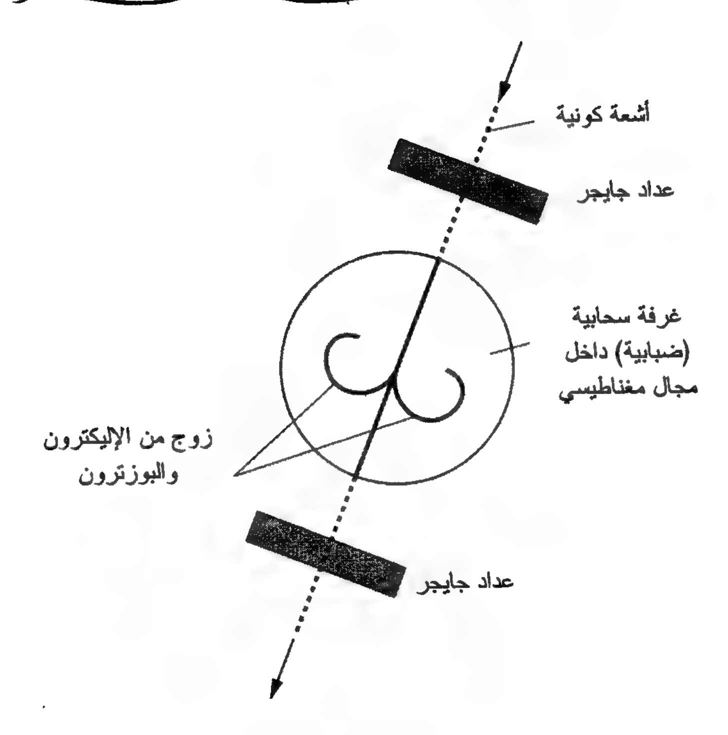
غالبًا ما كان العالم فاجنر يتحمل النقد الشخصي، ولم يتوقف مطلقًا عن عملية تحسين وتطوير نظريته بصدد زحزحة القارات من أجل إقناع الكثيرين بها. وقد تمت طباعة كتابه The Origins of Continents and Oceans في أربعة إصدارات، حيث صدرت الطبعة الرابعة قبل وفاته مباشرة في عام ١٩٣٠ عن عمر يناهز ٥٠ عامًا. وجذبه اهتمامه بالطقس والمناخ إلى السفر إلى جرينلاند لمرات عديدة، وفي رحلته الاستكشافية الأخيرة إليها توفى إثر إصابته بأزمة قلبية. وبعد ذلك التاريخ بثلاثة عقود، بدأ معظم علماء الجيولوجيا في قبول نظرياته وافتراضاته وقبول فكرة كونه على صواب بعد كل ذلك الوقت الطويل (١٩٥٣).

إسهامات تشارلز ولسون وهانس جايجر في حصر الجسيمات غير المرئية

١٩١٢

كانت الفيزياء النووية مجالاً مزدهرًا في أوائل القرن العشرين. ومع تنشيط هذا المجال باكتشاف النشاط الإشعاعي (١٨٩٦)، كان علماء الفيزياء يعملون على تفكيك الذرات التي اعتقدوا قبل ذلك في أنها غير قابلة للمس، حيث توصلوا إلى اكتشاف النواة شديدة الصغر والإليكترونات التي تدور في مدارات (١٩٠٩). وفي الوقت المناسب، سيتم التعامل مع النواة ليتم فصلها عن الذرة (معمل كافندش ١٩٣٢).

لكن لم يتمكن أي شخص على الإطلاق من رؤية الإليكترون، ولن يتمكن أي شخص من رؤيته. حتى الذرات لم يتمكن أحد على الإطلاق من لمحها لعقود كثيرة. ومن ثم، اضطر الباحثون إلى الاعتماد على طرق أخرى لتحديد بقايا المادة وإحصائها. وقد أفادت هذه الأساليب علماء الفيزياء النووية، حيث أتاحت التليسكوبات والميكروسكوبات لعلماء آخرين لعدة قرون إمكانية جعل الأشياء التي لم تُرى ولم تُعرف من قبل مرئية ومعروفة.



دائمًا ما تكون هناك حاجة إلى استخدام أجهزة متطورة من أجل تعقب أجزاء المادة المتطايرة داخل الذرة وجعل مساراتها مرئية. وفي هذه النقطة تحديدًا، تخترق الأشعة الكونية عالية الطاقة (بروتون أو أشعة جاما) الغرفة السحابية، التي تمتلئ بالهواء المتشبع ببخار الماء. تضغط الأشعة على عدادي جايجر من أعلى وأسفل، مما يؤدي إلى تنشيط العمليات التي تحدث داخل هذه الغرفة. فيتمدد الهواء نتيجة لهذه العمليات ثم يبرد مرةً أخرى ويتكثف الماء كقطرات صغيرة على إثر ذرات الهواء المتأينة التي نشأت بفعل الأشعة الكونية.
في هذه الحالة، يتم تتبع مسارات كل من الإليكترون والبوزترون (ديراك ١٩٢٨)، الناتجين عن طاقة الأشعة الكونية. وتنحرف المسارات في اتجاهات متضادة في المجال المغناطيسي، الذي يسود الغرفة السحابية.

بعد ذلك بفترة قليلة، وجد علماء الفيزياء أن الأشعة الجديدة التي تطلقها الذرات ذات النشاط الإشعاعي (النشاط الإشعاعي ١٨٩٩)، كانت عبارة عن تدفق لجسيمات معينة، فضلاً عن أنها عملت على إظهار نقاط لامعة على شاشة معالجة بطريقة كيميائية (١٩٠٩). وكانت عملية إحصاء النقاط البيضاء، بواسطة العين المجردة، عملية مرهقة للغاية ومعرضة

للوقوع في الخطأ. اعتمدت الآلات في عملها على حقيقة قدرة الأشعة على تأيين الهواء. بحيث يكون قادرًا، ولو لبعض الوقت، على توصيل الكهرباء. وكان هذا هو الأساس الذي اعتمد عليه عداد العالم الألماني هانس جايجر والذي سُمي بعد ذلك بعداد جايجر-مولر. فكل جسيم من تلك الجسيمات المارة يُحدث نبضة من التيار الكهربي، حيث تقوم أعداد كثيرة من هذه الجسيمات بتحريك إبرة لقياس كمية الإشعاع وإحداث صخب عالٍ يمكن سماعها بسهولة.

تحتاج عملية جعل مسارات الجسيمات مرئية إلى استخدام آلة "الغرفة السحابية" التي تعتبر آلة رائعة صممها العالم الاسكتلندي الحائز على جائزة نوبل تشارلز ولسون في كامبريدج. واعتمدت هذه العملية أيضًا على قدرة الإشعاع على تأيين الهواء مخلفًا آثار من جسيمات الهواء المشحونة. إن تمدد الهواء داخل الغرفة يعمل على تبريده قليلاً — الأمر المعروف باسم ظاهرة جول وطومسون (١٨٥٢) — بالإضافة إلى أنه سمح لبخار الماء بالتكثف على هيئة قطرات مائية بطول مسار أيونات الهواء، لتعمل على تشكيل مسار واضح للعين المجردة. ويدل المسار الذي خلفه الجسيم وراءه على العديد من الأشياء. إذا كان المسار سميكًا، فإن الجسيمات المكونة لذلك المسار ستتحرك بشحنات بطيء أو أنها ستكون مشحونة بشحنات كبيرة. أما إذا كانت الجسيمات تتحرك خلال مجال مغناطيسي، فإن المسار سينحرف بطريق أو بآخر وذلك بمقدار صغير أو كبير اعتمادًا على شحنة هذه الجسيمات وكتلتها.

يمكن أن يتم دمج كلا الأسلوبين معًا لدراسة الإشعاع الكوني (هس ١٩١٢) - وهو تلك التيارات من الجسيمات المشحونة الواصلة إلينا من خلال الفضاء الخارجي. ويمكن لعدادات هانس جايجر الموجودة أسفل وأعلى آلات "الغرف السحابية" أن تعلن عن اختراق أشعة كونية للمجال الذي توجد فيه هذه الأجهزة، حيث تتمدد آلة الغرفة السحابية في الحال، ليتم التقاط حركة ومسار الأشعة الكونية من خلال فيلم ضوئي. وهذا هو ما قام به العالم باتريك بلاكيت في اختراعه لأزواج الإليكترون والبوزترون في عام ١٩٣٢ (معمل كافندش) ليثبت أن المادة المضادة لهذه الشحنات موجودة بالفعل.

إسهامات نيلز بور في شرحه للطيف

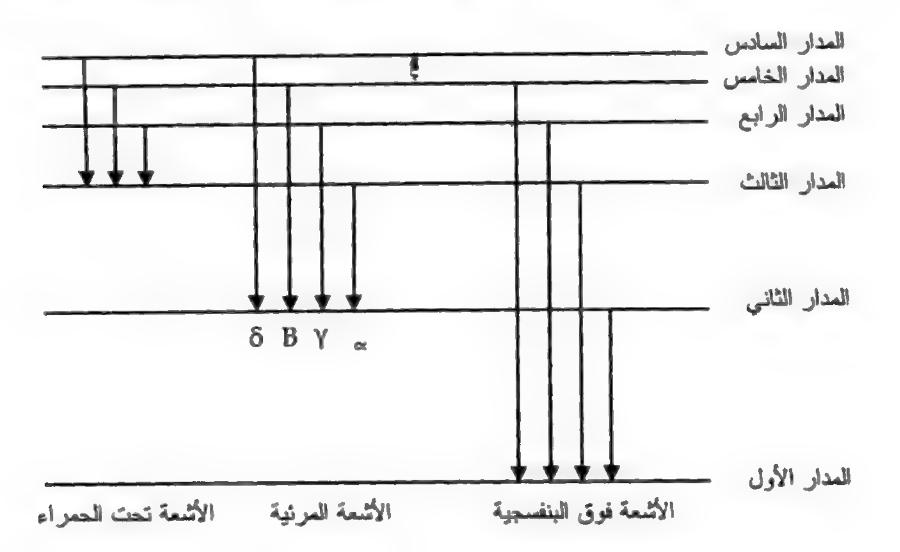
١٩١٣

لمدة قرن من الزمان، عكف علماء الفيزياء على شرح الأجزاء الظاهرة بوضوح من الضوء الناتج عن تسخين الغاز وشرح انقسام هذا الضوء إلى ألوان متعددة بواسطة المنشور أو شبكة الحيود (فرانهوفر ١٨١٤). إلا أن الطيف الناتج لم يكن محتويًا على كل الألوان التي قام باستخلاصها العالم إسحاق نيوتن (١٦٧٢) لأول مرة من ضوء الشمس، حيث ظهرت فقط بعض الخطوط القليلة من أحد الألوان شديدة النقاء على خلفية سوداء.

بمثل هذه الطريقة، عندما ينكسر الضوء أو يحيد من نجم مثل الشمس وينقسم إلى العديد من الألوان، فإنه يمكن رؤية الطيف بجميع ألوانه ولكن يتخلل هذا الطيف العديد من الخطوط السوداء، كما لو كانت هناك ألوان معينة مفقودة في هذا الطيف. ويتمثل السؤال هنا في معرفة سبب حدوث ذلك. قام العلماء بقياس تلك الخطوط سواء كانت اللامعة أم المعتمة بحرص شديد ثم قاموا بترتيبها. فلكل عنصر مجموعته الخاصة من الخطوط، بحيث تم الربط بينها بواسطة صيغ رياضية معينة. ولكن هذا لا يعتبر تفسيرًا حتى هذه اللحظة.

عندما يتعلق الأمر بالذرات، فإنه من الممكن أن يتم استخدام اللغة كما يحدث في الشعر. فالشاعر في أغلب الأحوال لا يكون مهتمًا بشكل كبير بوصف الحقائق مثلما يهتم برسم الصور الجمالية.

نيلز بور



يظهر هذا الشكل كيف شرح العالم نيلز بور الخطوط الخاصة بطيف الذرات الساخنة. فهذا المخطط يظهر مستويات الطاقة الستة الأولى (مدارات) في ذرة الهيدروجين. فعندما يسقط الإليكترون من مستوى طاقة عالٍ إلى مستوى طاقة أقل، فإن هذا الإليكترون يطلق قدرًا معينًا من الطاقة. وكلما زاد مقدار الطاقة المنطلقة، زاد معدل تردد الإشعاع الذي يتولد نتيجة لهذه الطاقة.

تؤدي الإليكترونات التي تتساقط إلى المدار الأول (حالة الخمود) إلى ظهور بعض الخطوط الطيفية في الجزء المتعلق بالأشعة فوق البنفسجية. وعندما تهبط الإليكترونات إلى المستوى الثاني (المدار الثاني)، فإنها تؤدي إلى ظهور خطوط في الجزء المرئي من الأشعة. ينتج عن الانتقال إلى المستوى الثالث (المدار الثالث) خطوط طيفية في الجزء المتعلق بالأشعة تحت الحمراء. بالطريقة نفسها، تمتص الإليكترونات التي تقفز من مستويات أدنى إلى مستويات أعلى كميات متساوية من الطاقة.

لقد استطاع العالم الدانمركي العظيم نيلز بور الإجابة عن كل هذه النقاط الغامضة. لقد تمثلت إجاباته في فكرة نموذج الذرة التي شبه تكوينها بالكواكب؛ حيث كانت تلك الفكرة تسيطر عليه بالاشتراك مع العالم رذرفورد (١٩١١). وفي هذا النموذج، تتحرك الإليكترونات حول نواة الذرة في مدارات معينة مسموح لها بالدوران فيها. وقد حدد العلماء طاقة الإليكترون في أي مدار بدقة، عن طريق قياس المسافة التي تبعدها هذه الإليكترونات عن

النواة. فالإليكترونات لا تفقد طاقة إلا عن طريق الهبوط من مدار ذي طاقة عالية إلى مدار ذي طاقة أقل، حيث يكون لكل مدار عدد كمي معين. ولذلك، فكميات معينة من الطاقة ارتبطت بمسار هذه الانتقالات، مما أدى إلى ظهور تلك الخطوط الرفيعة للون الخالص الذي تتم رؤيته في الطيف.

لقد كان الأمر كله واضحًا في البداية على الأقل، ولكن سرعان ما ظهرت الصعوبات لتجعل ذلك الأمر غامضًا. فقد اكتشف العلماء وجود المزيد من الخطوط الطيفية، حتى بالنسبة لأبسط العناصر من ناحية التركيب ألا وهو عنصر الهيدروجين، وذلك بما يفوق ما قد يقدمه نموذج العالم بور من تفسيرات. ولهذا السبب، يحتاج هذا النموذج الموضح سلفًا إلى إجراء بعض التعديلات عليه. يتمثل التعديل الأول في السماح للمدارات أن تكون بيضاوية الشكل بدلاً من كونها دائرية الشكل (كما فعل العالم كبلر مع مدارات الكواكب في عام ١٦٠٩). بينما يتمثل التعديل الثاني في السماح للمدارات البيضاوية بالتحرك في اتجاهات مختلفة في الفضاء. وبالطبع كان لا يتم السماح بكل الأشكال أو الاتجاهات، ولكن ببعضها فقط. وقد أطلق على هذا الأمر اسم عملية تحديد الكم. وتمثل التعديل الثالث في التفكير في دوران الإليكترونات السريعة سواء في اتجاه حركة الساعة أو في عكس اتجاه حركة الساعة.

انتهى العالم بور إلى التوصل إلى مجموعة مكونة من أربعة أعداد كمية لكل مستوى من مستويات الطاقة بدلاً من المجموعة التي بدأ بها. وبالفعل نجح مخططه في الوصول إلى ما كان يطمح للوصول إليه. فقد استطاع أن يشرح الخطوط اللامعة في الطيف من خلال العناصر الأقل وزنًا على الأقل، وهو ما لم يستطع أي شخص آخر فعله. وبالرغم من ذلك، كان هناك من البداية قضية مثيرة للقلق. علم بور أنه كان يخلط بين الأفكار القديمة والأفكار الجديدة. فهل كانت الإليكترونات تتسابق بالفعل حول النواة مثلما تفعل الكواكب حول الشمس أو أن ذلك كان طريقة مفيدة لتصوير هذه الإليكترونات؟ ولم يكد ينتهي القرن التاسع عشر إلا وقد استطاع علم الفيزياء على يد بور الإجابة عن هذا السؤال (١٩٢٧). ← ١٩٢٦

إسهامات الأخوين براج في مجال تركيب البلور

١٩١٥

اشترك أخوان للمرة الأولى في التاريخ في حصولهما على جائزة نوبل، بالرغم من وجود أشقاء آخرين فازوا بجوائز مختلفة. كان وليم هنري براج إنجليزيًا ولكن أخاه وليم لورنس براج ولد في أستراليا عندما كان والده أستاذًا لمادة الفيزياء في جامعة أدلايد. تفوق هذان الأخوان في أدائهما لوظيفتهما في إنجلترا فيما بعد؛ حيث توليا مسئولية إدارة المعهد الملكي بالتناوب (طومسون ١٧٩٨) واشتركا في الحصول على جائزة نوبل عام ١٩١٥ في الفيزياء. وفي الخامسة والعشرين فقط من عمره. كان وليم لورنس براج هو أصغر المتخرجين في الجامعة، حيث نجح في خلافة العالم المتمكن أرنست رذرفورد كرئيس لمعمل كافندش في كامبريدج.

برز اهتمامهما بالبلور في عام ١٩١٢، عندما ركز العالم الفيزيائي الألماني ماكس فون لو شعاع من أشعة إكس على بلورة أحد العناصر المعدنية. وكان هذا العالم مهتمًا بشكل أكبر بأشعة إكس عن اهتمامه بالبلور، حيث كان يريد أن يعرف ما إذا كان من الممكن اعتبار أشعة إكس تتكون من موجات بدلاً من جسيمات. فالبلورة مع ترتيبها المنتظم للذرات في مستويات متوازية، تبدو أشبه بشبكة حيود (فرانهوفر ١٨١٤) تعمل على تقسيم الضوء إلى ألوانه المختلفة؛ حيث يتحرك الضوء على هيئة موجات. وقد أثبتت تجربة العالم فون لو أنه في هذه الحالة أيضًا تتحرك أشعة إكس على هيئة موجات، بالرغم من أن هذا النقاش كان مجرد بداية (١٩٢٤).

لكن مع تطور الأمور ومرور الأيام، نجح الأخوان براج في إمعان النظر في هذه التجربة ولكن بشكل مختلف. فبينما كانا يعلمان أن أشعة إكس كانت عبارة عن موجات ذات طول موجي معين، عملا على إسقاط هذه الأشعة من خلال بلورات من مواد مختلفة. فقد أرادا من خلال ذلك أن يعرفا كيفية ترتيب الذرات في هذه البلورات. بالاعتماد على الفراغات والتجمعات الخاصة بذرات البلور، وجدا أن أشعة إكس حادت عن مسارها بأشكال مختلفة مع وجود أشعة لامعة أو خافتة عند لف البلورة في جميع الاتجاهات أمام جهاز كاشف لنشاط الأشعة. لقد كان هذا العمل شاقًا، حيث إنه يتطلب تحليل النتائج للعثور على الترتيبات والفراغات التي تحتوي عليها الذرات التي لا ترى بالعين المجردة. وقد

كانت المهمة الثانية تتركز على استخدام الطرق والصيغ الرياضية بشكل كبير إلى جانب العمليات الحسابية المعقدة التي كان يتم إجراؤها قبل اختراع أجهزة الكمبيوتر وظهورها في مختلف مجالات الحياة. ولذلك، استغرق الأمر في الغالب سنوات عديدة حتى بالنسبة للعالم الماهر وليم لورنس براج.

> **إن الشيء المهم في العلم لا يتعلق بمقدار التعرف على حقائق جديدة بقدر ما يتعلق باكتشاف طرق جديدة للتفكير في تلك الحقائق.**
>
> **وليم لورنس براج**

لقد كان يتم إنجاز هذا العمل في بداياته بواسطة بلورات بسيطة مثل بلورات ملح الطعام، ولكن تم كشف النقاب عن الإمكانيات الحقيقة للتكنولوجيا عندما تم اكتشاف أن أشعة إكس تعمل على إضاءة بلورات المركبات العضوية، مثل العقاقير المقاومة للأمراض التي تطورت على يد العالم بول إيرليخ (١٩١٠). فإدراك تركيب مثل هذه المواد الكيميائية جعل من المكن استنتاج طريقة عملها وربما أيضًا تركيبها وعمل أفضل أشكالها. ويعتبر هذا النوع من التحليل، الذي تسيطر عليه الميكنة بشكل كبير في الوقت الحالي، أمرًا ضروريًا في مجال الصناعات الدوائية الحديثة.

للمرة الثانية بعد فترة من اكتشاف كل هذه الحقائق، تم استخدام التصوير الفوتوغرافي لرصد أشعة إكس التي انحرفت عن مسارها الطبيعي (وذلك كما اكتشف العالم ولهلم رونتجن في عام ١٨٩٥ عندما خلفت أشعة إكس نقاطًا لامعة ونقاطًا سوداء في فيلم فوتوغرافي، تمامًا مثلما يحدث مع الضوء). وزادت هذه الاكتشافات من سرعة إجراء التجارب، إن لم تكن قد زادت من إجراء الحسابات الرياضية. وباستخدام هذه الطريقة، نجح العالمان لينيوس بولينج (١٩٢٨) وروزاليند فرانكلين وآخرون في اكتشاف التركيب الخاص بالبروتينات، الأمر الذي أدى بعد ذلك إلى اكتشاف المادة الوراثية المتمثلة في الحامض النووي والتي أتاحت تمهيد الظروف للاكتشاف الكامل للحامض النووي بواسطة العالمين جيمس واتسون وفرنسيس كريك في عام ١٩٥٣.

وضع ألبرت آينشتاين للنظرية النسبية

1915

في يوم ٢٩ من شهر مايو في عام ١٩١٩ حدث كسوف كلي للشمس، والغريب في هذا الأمر أن هذا الحدث كان سببًا في نجاح العالم الألماني ألبرت آينشتاين وجعله أشهر العلماء في العالم. اعتمد آينشتاين على أساس نظرية جديدة نشرت في عام ١٩١٥، حيث تنبأ بأن أشعة الضوء التي تمر من خلال قوى الجذب الشديدة لأشعة الشمس ستنحرف ولو بنسبة قليلة عن مسارها المستقيم المعتاد. وهذه الحقيقة قد تغير من المواقع الظاهرة للنجوم في السماء، حتى ولو كان هذا التغير طفيفًا.

لذلك، يمثل الكسوف الكلي للشمس فرصة مثالية لاختبار هذه الفكرة المتطرفة. فعندما يتم إخفاء ضوء الشمس تمامـًا، تصبح النجوم القريبة مرئية كما يمكن قياس مواقعها الجديدة. وقد سجل علماء الفلك تحت قيادة العالم الإنجليزي آرثر أدينجتون (١٩٢٠) ملاحظات في أثناء حدوث هذا الكسوف. فوجدوا أن مواقع هذه النجوم تحركت بقدر ضئيل للغاية، الأمر الذي يبدو وكأنه يتوافق مع تنبؤات العالم آينشتاين. فقد أكدت الأرقام أنها لم تكن بدقة ما تم التوصل إليه في البداية، ولكن ذاع هذا الحدث وانتشر في هذا الوقت وتمتع آينشتاين بالفعل بسمعة طيبة.

كانت النظرية النسبية العامة للعالم آينشتاين، التي اعتمدت عليها جميع تنبؤاته، ما هي إلا رؤية جديدة لقانون الجاذبية. فبالنسبة للعالم إسحاق نيوتن، تجتذب كتلة معينة من المادة جزيئات كتلة أخرى، حتى لو كان ذلك في الفراغ بواسطة قوة هائلة اعترف بعدم قدرته على تفسيرها (١٦٨٧). لذلك، فإن القمر على سبيل المثال يدور في مسار منحنٍ حول الأرض.

ففي رؤية العالم آينشتاين – التي تأثر فيها إلى حد ما بالعالم أرنست ماخ (١٨٧٧) الذي يحمل الجنسية نفسها – تعمل المادة في كوكب الأرض على "انحناء" مسارات الفضاء الذي يتحرك القمر خلاله. أما عن القمر الذي يسعى لاتخاذ أقصر المسارات دائمًا في الفضاء، فإنه يجد أن المسار الآن قد انحنى ليصبح أشبه بحلقة مغلقة – مداره حول الأرض وفقًا لما جاء به آينشتاين. فأينما تكون هناك مادة ما، فإن مسارات الفضاء لا تصبح مستوية، ولكنها

تصبح منحنية. وكلما زاد وجود المادة، زادت المنحنيات في مسارات الفضاء، والتي تنحني حتى على نفسها (١٩١٦).

وفقًا لنظرية آينشتاين، فإن المادة تؤثر أيضًا على الزمن. فالساعة الزمنية تسير ببطء أكثر عند الاقتراب من كتلة ضخمة مثل الأرض عما إذا كانت بعيدةً عنها. لقد كان هذا الأمر أكثر صعوبة في إثباته عن أمر تغير شكل المسارات في الفضاء. ولكن في ستينيات القرن العشرين، تم إرسال ساعات في صواريخ (وفيما بعد، تم إرسالها داخل أقمار صناعية) إلى الأماكن التي تضعف فيها قوة الجاذبية بشكل أكبر عن الأرض. فلوحظ أن هذه الساعات كانت تسير أسرع من سريانها على سطح كوكب الأرض. وخلافًا لنظرية العالم نيوتن (١٧١٦)، ليس هناك زمان مطلق لعدم وجود مكان مطلق. فكل من عنصري المكان والزمان يتسمان بالنسبية.

تعلمت شيئًا واحدًا طوال حياتي؛ ألا وهو أن جميع العلوم التي يتم قياسها وفقًا للواقع تبدو أمرًا بدائيًا وطفوليًا. وبالرغم من ذلك، فإنها أثمن ما لدينا.

ألبرت آينشتاين

في غضون ذلك، استطاع العالم آينشتاين تفسير شيء آخر أفضل من نظيره نيوتن. فقد أظهرت الملاحظات الفلكية على مدار سنوات عديدة شيئًا غريبًا عن كوكب عطارد. فالنقطة الموجودة (نقطة الذنب) في مدار كوكب عطارد الذي يعتبر أقرب الكواكب إلى الشمس ليست ثابتة في الفضاء، بل إنها تتحرك ببطء شديد حول الشمس. ويعني هذا أن مساره البيضاوي يدور في حركة دائرية. وقد فسر آينشتاين أن اقتراب نقطة الذنب الخاصة بكوكب عطارد من الشمس يعد نتيجة أخرى لتغير المسارات في الفضاء بفضل الكتلة الضخمة للشمس. حيث إن الكواكب الأخرى توجد في مناطق أبعد عن الشمس، ولا يحدث لها مثل هذا التأثير. لقد تنبأ نيوتن بحدوث بعض الاقتراب من جانب الكواكب باتجاه الشمس، ولكن ليس بمقدار ما تنبأ به آينشتاين وتم اكتشافه بالفعل.

ينبغي علينا أن نعلم أن آينشتاين لم يقلل من شأن نظريات نيوتن، وذلك لأن أفكار آينشتاين عن الجاذبية الأرضية تختلف في أسلوبها عن أفكار نيوتن عن الموضوع نفسه، كما أن أفكاره قد أسفرت عن التنبؤات الأقرب إلى الصواب وذلك في ظل توفر بعض الظروف المعينة. ولكن قانون نيوتن عن الجاذبية وتأثيرها الممتد للأماكن البعيدة، لا يزال يمثل أفضل القوانين التي يمكن تطبيقها بشكل كبير في جميع الظروف تقريبًا. في أواخر القرن العشرين، تم إرسال عدد من أجهزة المسبار الفضائي في رحلات إلى أطراف النظام الشمسي، التي يمكن الوصول إليها غالبًا بعد اجتياز بضعة كيلو مترات قليلة واستغراق ثوان معدودة في ضوء قياسات الزمان والمكان لهذه الأطراف، في حين استغراقها لسنين عديدة واجتيازها لملايين الكيلو مترات وفقًا لقياسات الزمان والمكان للأرض، فضلاً عن أدوات التحكم المتخصصة لنيوتن وحده دون غيره.

إسهامات كارل شفارتشايلد في علم الفلك

١٩١٦

قام العالم ألبرت آينشتاين بإعادة صياغة الكثير من القواعد الفيزيائية في نظريته النسبية العامة في عام ١٩١٥، والتي تفترض أن المادة تعمل على انحناء مسارات الفضاء. وبعد حوالي عام، بدأت بعض الأفكار التي تتضمنها هذه النظرية في الظهور. فقد تخيل العالم الفيزيائي الألماني كارل شفارتشايلد وجود نجم ضخم تبلغ كتلته أضعاف كتلة الشمس، وبانتهاء مصدر طاقتة يتحطم تمامًا. ولكن، عندما بدأت المادة المكونة لهذا النجم في التجمع بشكل متناقص، اشتدت قوة الجاذبية في الفضاء، أو أصبحت مسارات الفضاء من حوله كما يقول العالم آينشتاين أكثر التواءً. وسوف يتبع هذه المسارات الدائرية المتزايدة آلاف الأشعة الضوئية، التي تحاول الهروب من النجم المنكمش.

في إحدى النقاط الحرجة، ستنغلق المسارات الضوئية على نفسها، بحيث لا يمكن للضوء الابتعاد عنها. فيصبح النجم المنهار ما نطلق عليه اليوم "الثقب الأسود"، والذي تتم إحاطته "بأفق" أو بحد من حدود الجاذبية المحيطة بالثقب الأسود بحيث لا يستطيع الضوء الخروج منه. وداخل هذا الأفق سيتم حجب رؤية كل ما يحدث أو يدور بداخله، حتى الضوء لن يظهر من خلال هذا الأفق. وتعد الثقوب السوداء صغيرة للغاية، وذلك مقارنةً بالنجوم التي تتكون منها؛ حيث تمتد لبضع مئات قليلة من الأمتار بدلاً من ملايين الكيلو مترات.

لم تكن هذه هي المرة الأولى التي يتم فيها ذكر فكرة وجود مثل هذه الثقوب السوداء. فقد تصور جون ميشيل في القرن الثامن عشر نجمًا أسود في عام ١٧٨٣، معتمدًا على آراء العالم نيوتن عن الجاذبية الأرضية. ولكن افتراض العالم كارل شفارتشايلد — المعتمد على أفكار العالم آينشتاين — كان به الكثير من التفاصيل وبعض النتائج المذهلة. لم ير العالم كارل شفارتشايلد دافعًا وراء توقف النجم عن الانهيار بمجرد تكون الثقب الأسود. ولذلك، اقترح بعدها أن النجم قد يستمر على الأرجح في الانهيار، بعيدًا عن رؤيتنا لهذا الانهيار، حتى يصبح كل من كثافة ومادة هذا النجم داخل ذلك الثقب وقوى الجاذبية وانحناء مسارات الفضاء المحيط بذلك النجم لا نهائيًا. ويعد هذا التغير العنيف حالة منفردة، بحيث لا يمكن تطبيق قوانين الفيزياء عليها بأية حال من الأحوال. والمحير في ذلك الأمر هو أن هذا الافتراض للعالم كارل شفارتشايلد لم تتم دراسته بشكل جدي، بل إن مصطلح الثقب الأسود لم يتم استخدامه إلا في عام ١٩٦٨.

من الناحية النظرية على أقل تقدير، يمكن أن تنعكس تلك العملية تمامًا لتؤدي إلى انبثاق ثقب أبيض، وذلك عن طريق توقف وانبعاث المادة والطاقة من هذه الحالة الفريدة. وتشبه كل هذه الظواهر الفلكية ظاهرة الانبعاث الهائل للمادة والطاقة، التي اتفق على تسميتها بنظرية الانفجار الكوني، التي اعتقد العلماء أنها السبب في نشأة هذا الكون (١٩٥٠).

من بين المفاهيم التي يتم تقبلها بشكل كبير ذلك المفهوم الذي مفاده أن الثقوب السوداء والبيضاء يمكن أن ترتبط معًا من خلال ثقوب لولبية، تعمل كأنفاق ومسارات خلال التسلسل الحيزي الزمني. ولو افترضنا جدلاً وجود مثل هذه الثقوب اللولبية، فإن استخدام الثقوب اللولبية كممرات للانتقال بسرعات كبيرة للغاية إلى أوقات وأماكن أخرى في الكون يشير إلى عملية انقسام الكيانات الأكبر إلى أجزاء أصغر وأدق بواسطة قوى الجاذبية الموجودة داخل الثقب الأسود.

إسهامات هارلو شابلي في مجال علم الفلك

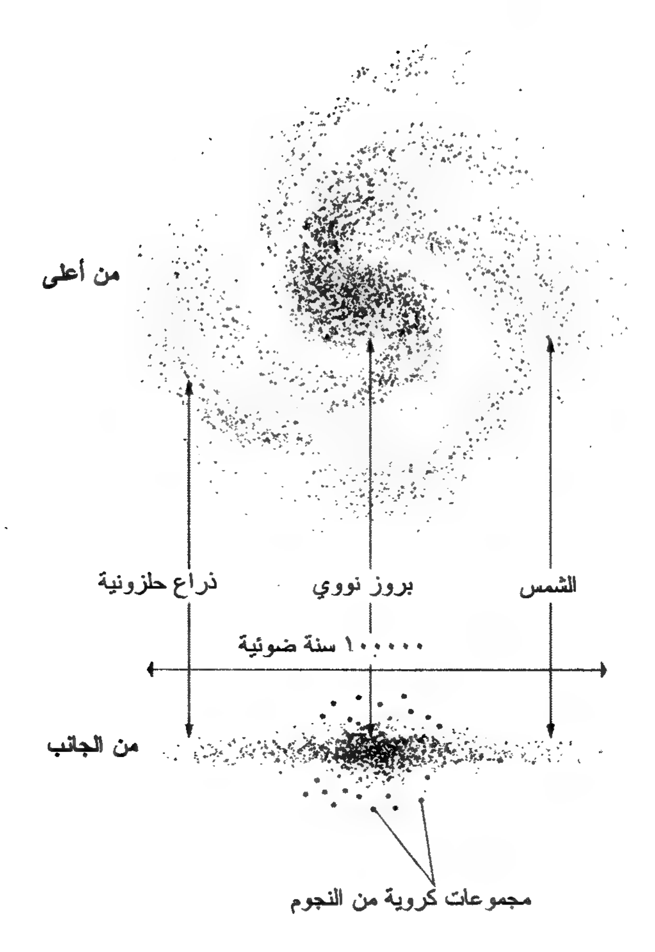
١٩١٨

في عام ١٥٤٣، أزالت النظرية الجديدة للعالم نيقولاوس كوبرنيكس كوكب الأرض من موقعه في مركز هذا الكون. فبدلاً من أن نقول إن الشمس

والكواكب والأعداد الهائلة من النجوم تدور حول الأرض، فإن الأرض هي التي تدور الآن حول الشمس. وعلى الأرجح، فإنه بالرغم من كل هذا، لا تزال الشمس في مركز الكون. ومع ذلك، تبدو النجوم منتشرة في كل الاتجاهات.

لكن كانت هناك أدلة مبكرة على عكس النظريات المتناولة لمجرة درب التبانة. فقد أدرك معظم علماء الفلك أن هذه الحزمة من الضوء في السماء توضح أن الشمس والكواكب المحيطة بها قد تجمعت حيث تجمع مليارات النجوم، مما يطلق عليه اسم المجرة، والتي تشبه العجلة (١٧٥٠). ونظرًا لظهور مجرة درب التبانة بشكل أكثر اتساعًا وازدحامًا في ناحية واحدة عن الناحية الأخرى، فلا بد من وجود الشمس في مكان بعيد عن مركز المجرة، وليس قريبًا من قلب مجرة درب التبانة.

في عام ١٩١٨، قام عالم الفلك الأمريكي شابلي باكتشاف المزيد من الأدلة في هذا الصدد. فقام بالتركيز على عملية توزيع الكرات الكثيفة للنجوم والتي تسمى بالمجموعات الكروية. بعد ذلك، استخدم الطرق الحديثة الخاصة بالعالمة هنريتا ليفت لحساب مدى بعد هذه المجموعات الكروية عن اللمعان الظاهر لمجموعة المتغيرات الدورية بداخلها. واكتشف أن مئات من المجموعات الكروية رُتبت في شكل كرة ضخمة حول مركز المجرة التي تنتمي إليها الأرض. بالطبع لم تكن هذه النجوم متمركزة على الأرض أو الشمس. أوضحت القياسات الخاصة به أننا نعيش على سطح كوكب يبعد بمسافة أكثر من نصف الطريق الممتد بين مركز مجرة درب التبانة في اتجاه الحافة.



تعتبر هذه هي الكيفية التي يتصور بها علماء الفلك مجرة درب التبانة والتي تبدو مثل أحد أنواع الألعاب النارية. يبلغ عرض المجرة حوالي ١٠٠٠٠٠ سنة ضوئية، كما يبلغ سمكها حوالي ١٠٠٠٠ سنة ضوئية في المنتصف، وتحتوي على حوالي ٤٠٠ مليون نجم في ذلك البروز النووي الموجود في مركز المجرة تمامًا، كما تحتوي على ٤ أو ٥ أذرع حلزونية. فإذا كانت مجرتنا "درب التبانة" في حجم أحد أطباق العشاء، فإن أقرب مجرة مصاحبة لها ستبعد بمسافة أربعة أمتار.

نجح شابلي في توفير التقديرات الأولية لحجم مجرتنا، حيث يبلغ عرضها ٣٠٠٠٠ سنة ضوئية، وربما يبلغ ٦٠٠٠ سنة ضوئية في المنتصف باتجاه الحافة، كما أنها تبعد عن

الشمس بمقدار ١٠٠٠٠ سنة ضوئية من المركز. وقد أضخمت التقديرات الحديثة من هذه الأرقام بنسبة ٣٠٠٪، وبالرغم من كل هذا، فنحن لا نزال نعيش في "الضواحي" الخارجية لهذه المجرة.

كان شابلي قادرًا على إتمام الكثير من مهام عمله؛ حيث كان لديه تليسكوب جديد وضخم مزود بمرآة يبلغ طولها ٢,٥ متر. وقد كان هذا التليسكوب أكبر بشكل ملحوظ من ذلك الذي قام بصنعه وليم بارسونز (١٨٤٧)، حيث كان ذلك التليسكوب سهل الحركة من مكان لآخر. ولتوضيح مدى التقدم العلمي الذي وصلت إليه التكنولوجيا في تلك الأيام، كان قطر التليسكوب الجديد ضعف قطر أضخم تليسكوب ابتكره العالم وليم هيرشل في عام ١٧٨٩،كما أن قوته تبلغ أربعة أضعاف قوة هذا التليسكوب القديم. تم وضع التليسكوب الجديد في قمة مرتفع ويلسون شمال مدينة لوس أنجليس، وكان ذلك أول نوع من التليسكوبات الذي يتم وضعه بعيدًا عن الأضواء والتلوث الناتجين عن المدن الكبرى. تم استخدام هذا التليسكوب للمرة الأولى في عام ١٩١٧، ولم يتم عمل تليسكوب أكبر وأفضل منه لمدة تزيد عن ٣٠ عام تقريبًا.

إسهامات أرنست رذرفورد في علم الكيمياء الحديثة

١٩١٩

راود علماء الكيمياء القديمة حلم بصدد مدى قدرتهم على تحويل المعادن العادية مثل الرصاص إلى معادن نفيسة مثل الذهب. ولكن، بدا ذلك مستحيلاً بمجرد أن اكتشف العالم جون دالتون (١٨٠٨) أن العناصر الكيميائية تتكون من ذرات ثابتة لا يمكن تفكيكها. وتعمل هذه الذرات على إعادة ترتيب أوضاعها في جزيئات أخرى لمركبات مختلفة، إلا أن تحويل عنصر الرصاص إلى ذهب ليس من ضمن هذه التحويلات.

في عام ١٩١٩، أكد العالم أرنست رذرفورد الذي ولد في نيوزيلندا وعمل في جامعة مانشستر وحصل على جائزة نوبل أنه كان من أوائل علماء الكيمياء القديمة في العصر الحديث. فلم يقم بتحويل الرصاص إلى ذهب، بل قام بتحويل النيتروجين إلى أكسجين الأمر الذي لم يكن ذلك سهلاً في جميع الأحوال. وكان ذلك العالم ما يزال يعمل في جسيمات ألفا، التي أصبحت ذات أهمية محورية في إثبات أن لكل ذرة نواة متناهية الصغر

(١٩٠٩). أما عن هذه الجسيمات، التي تنطلق بوساطة تلك العناصر المشعة مثل البولونيوم، فقد تم إثبات أنها تمثل نوى لذرات الهليوم ويبلغ عدد شحناتها اثنين وكتلتها أربعة (١٩٠٣).

قام العالم رذرفورد وفريقه بتحويل هذه الجسيمات إلى غازات مثل الهيدروجين والأكسجين والنيتروجين لكي يرى ما قد يحدث نتيجة لذلك. وكانت نتائج تحويل هذه الجسيمات إلى نيتروجين بمثابة مفاجأة كبرى. فقد أظهرت شاشة التعقب انطلاق بعض الجسيمات الفعالة الناتجة من عملية التحويل. ولم تكن هذه الجسيمات تنتمي إلى ذرات النيتروجين التي انطلقت من الغاز بواسطة أشعة ألفا ولا تنتمي حتى إلى بعض جسيمات ألفا المتناثرة، ولكنها كانت عبارة عن ذرات من الهيدروجين التي لم تفقد سوى إليكترون واحد فقط. فلو دخلت ذرة هليوم خلال هذا التفاعل وخرجت ذرة هيدروجين، فلا بد إذن أن يتحول النيتروجين إلى أكسجين. خلاف ذلك، لن تعمل الكتل والشحنات التي تنتمي إلى العديد من الجسيمات على تكوين أي شيء جديد. وقد تم تقسيم نواة الهليوم ونواة النيتروجين، كما تمت إعادة ترتيب عناصرهما. لقد استطاع العالم رذرفورد بالفعل أن يقوم بتحويل عنصر إلى عنصر آخر. ويمكننا أن نستنتج من ذلك أن علم الكيمياء القديمة يمكن تطبيق بعض مبادئه على أرض الواقع.

لقد تنبأ العالم رذرفورد أنه إذا كان بإمكانه إمداد الجسيمات بطاقة كبيرة، فإن نوى الكثير من العناصر من الممكن أن تنقسم للكشف عما يُجرى بداخلها. من ناحية أخرى، لم يحدث ذلك الأمر إلا بعد مرور عشر سنوات تقريبًا (معمل كافندش ١٩٣٢). لقد قام العالم أرنست رذرفورد بإتمام الكثير من مهام هذا العمل مع انتهاء الحرب العالمية الأولى، الأمر الذي لم يمكنه من حضور اجتماعات إحدى اللجان المهمة لمناقشة استخدام العلم في الحروب المضادة للغواصات. وقد كتب في اعتذار له عن ذلك الموضوع قائلاً: "أعتقد أن عملية تفتيت نواة الذرة التي انشغلت بإجرائها تعتبر عملاً ذا أهمية كبيرة عن الاهتمام بشئون الحرب". ← ١٩٢٠

من الأشياء المهمة التي ينبغي على رجال العلم القيام بها الاهتمام بإدارة شئونهم المتعلقة بعملهم، وإلا فإنهم لن يستطيعوا تحقيق التقدم مثل سائر أصحاب الوظائف الأخرى.

أرنست رذرفورد

$$He^4_2 + N_7^{14} \longrightarrow O_8^{16} + H_1^2$$

تلخص هذه المعادلة إنجاز العالم أرنست رذرفورد الذي حققه في سنة ١٩١٩؛ حيث قام بتحويل عنصر إلى عنصر آخر، وهو ما كان يمثل حلمًا لدى علماء الكيمياء القديمة. لقد جُعلت هنا ذرات الهليوم (جسيمات ألفا المنطلقة من أحد العناصر المشعة) تصطدم مع ذرات غاز النيتروجين. وقد تولدت ذرات الهيدروجين النشطة للغاية؛ حيث لن يتضح ذلك إلا بافتراض تحول النيتروجين إلى أكسجين.

يمثل الرقم السفلي لكل عنصر هنا في المعادلة العدد الذري الذي يمثل عدد البروتونات في نواة الذرة (والذي يحدد أيضًا عدد الإليكترونات التي يحتوي عليها ذلك العنصر، وبذلك يمكن معرفة ماهية ذلك العنصر). بينما يمثل الرقم العلوي لكل رمز كيميائي الوزن الذري الذي يمثل عدد البروتونات والنيوترونات (وهو الأمر الذي لم يتم إثبات وجوده إلا في عهد رذرفورد). وفي هذه الحالة، يتم حفظ كل من العدد الذري والوزن الذري.

إسهامات جيمس كرول وميلوتن ميلانكوفيتش في تحديد مناخ الأرض

١٩١٩

في أثناء أحد العصور الجليدية (١٨٣٦)، أصبحت درجة حرارة كوكب الأرض ككل أكثر برودة، وامتدت طبقات الجليد لتغطي الكثير من المناطق. وتبدو نظرية حدوث العصور الجليدية بسبب تأثير قوى جذب الكواكب الأخرى على الأرض وكأنها إحدى نظريات علم التنجيم، الذي يعبر بالرغم من ذلك عن أحد أنماط العلوم المفيدة للبشر. وترتبط هذه النظرية في العادة بالعالم الفلكي الصربي ميلوتن ميلانكوفيتش، ولكنه لم يفكر في ذلك الأمر منذ البداية.

كان العالم الاسكتلندي جيمس كرول مثقفًا بدرجة كبيرة وبصورة ذاتية؛ حيث إنه لم يرتقِ مطلقًا لما هو أعلى من المنصب الذي تولاه كموظف في إدارة المسح الجيولوجي في اسكتلندا. وبالرغم من ذلك، فقد كان على اتصال مع العلماء البارزين في ذلك الوقت أمثال تشارلز داروين وتشارلز ليل فأصبح زميلاً للجمعية الملكية آنذاك. قبل العالم كرول، اكتشف عالم الفلك الفرنسي أوربان لوفيرييه الذي كان قد تنبأ بوجود كوكب نبتون (١٨٤٦) أن قوى الجذب الخاصة بالكواكب الأخرى، وخاصةً كوكب المشترى، تتسبب في تغيير مدار كوكب الأرض من الشكل الدائري ليصبح أكثر بيضاويـًا كل ١٠٠٠٠٠ سنة.

في عام ١٨٧٥، أي قبل خمسين عامًا تقريبًا من مجيء ميلانكوفيتش، اقترح العالم جيمس كرول في أحد كتبه أن هذه التغييرات الدقيقة في شكل المدار لا بد أن تؤثر على المناخ العام لكوكب الأرض، فتمر الأرض بعصور جليدية وذلك في أزمنة يمكن توقعها. ولم يكن العلم في الوقت الذي عاش فيه كرول قد وصل إلى درجة كافية من الدقة لإثبات صواب أو خطأ رأيه. ولذلك، حدث نوع من التجاهل لنظريته.

منذ عام ١٩٢٠، أضاف العالم ميلانكوفيتش الكثير من التفاصيل إلى تلك النظرية، كما استخدم ثلاث دورات. استغرقت الدورة الأولى حوالي ١٠٠٠٠٠ سنة شهدت الأرض فيها تغييرًا في شكل مدارها، وشهدت الدورة الثانية تغييرًا في شكل ميل محور الأرض كل ٤١٠٠٠ سنة، أما بالنسبة للدورة الثالثة فشهدت تحولاً على مدار ٢٢٠٠٠ سنة حينما اقتربت الأرض من الشمس. وتؤثر هذه التغييرات إما على كمية الطاقة التي تصل إلى الأرض من الشمس حينما تصل معظم الطاقة إلى الأرض أو أنها تؤثر على المناطق التي تستحوذ على القدر الأكبر من هذه الطاقة.

يمكن لجميع هذه العوامل أن تؤثر على المناخ. فإذا أدت مجموعة ما من الأسباب معًا إلى جعل فصل الصيف في المناطق الشمالية الباردة أقل حرارة عن ذي قبل، فسينتج عن ذلك بقاء المزيد من طبقات الجليد دون ذوبان إلى أن يأتي فصل الشتاء القادم. وعلى مدار الكثير من فصول الشتاء، ستزداد المساحات الممتدة أسفل طبقات الجليد والثلوج لتعكس المزيد من الطاقة الشمسية المرتدة إلى الفضاء الخارجي، مما يؤدي إلى برودة كوكب الأرض وتعجيل حدوث عصر جليدي جديد. توقع العالم ميلانكوفيتش حدوث عصور جليدية

امتدت لفترة ١٠٠٠٠٠ سنة تخللتها فترات أكثر دفئًا امتدت حوالي ١٠٠٠٠ سنة فيما بين بعضها البعض. وازدادت تلك العصور الجليدية حدة، كلما زادت فترة استمرارها على كوكب الأرض، ولكنها شهدت ارتفاعًا سريعًا في درجة الحرارة قبل انتهائها.

في أثناء قيامه بتأليف بعض كتبه في هذا الشأن، كانت الأدلة على صحة نظرياته عن العصور الجليدية لا تزال بدائية. ولكن كان معروفًا أن طبقات الجليد قد ظهرت على سطح الأرض واختفت لمرات عديدة. إلا أن هذا لم يكن كافيًا لإقناع المتشككين في صحة هذه النظرية، حيث إن هذه الفكرة بدت شديدة التطرف. ظلت افتراضات ميلانكوفيتش خارجة عن دائرة التصديق لمدة خمسين سنة أخرى. ومثلما حدث مع جميع الأفكار التي تم رفضها في بداية الأمر، مثل نظرية زحزحة القارات (فاجنر ١٩١٢)، تحظى فرضية ميلانكوفيتش بالكثير من التأييد القوي في الوقت الحالي. فالتفاصيل التي تعلقت بحدوث العصور الجليدية وانتهائها، والتي تم التعرف عليها من دراسة طبقات الجليد في جرينلاند والقارة القطبية الجنوبية (أنتاركتيكا) والرواسب المأخوذة من قاع البحر، تتناسب مع قوى الجذب المتغيرة للكواكب الأخرى بشكل كبير.

جدير بالملاحظة أن الشكل الحالي للكواكب، يدل على أنه حتى دون التدخل البشري في الأمور، فإن كوكب الأرض مقدم على حدوث عصر جليدي جديد.

إدراك آرثر أدينجتون لأسباب شروق الشمس

١٩٢٠

ظهرت عبر مئات السنين إجابات متعددة عن السؤال التالي: ما الذي يجعل الشمس تشرق ولماذا تستمر الشمس في بث الضوء والحرارة بشكل أبدي تقريبًا؟ لقد كان الاقتراح الذي مفاده أن الشمس تحترق دائمًا على نار دائمة الاشتعال من أحد الاقتراحات التي قيلت منذ قديم الأزل. فليس هناك مصدر طاقة معروف يمكن أن يحافظ على اشتعال الشمس لأكثر من بضع آلاف قليلة من السنوات، فضلاً عن أنه لا يوجد أكسجين في الفضاء الخارجي يساعد على هذا الاشتعال. ولم تساعد النظريات القديمة التي ترجح استمرار اشتعال الشمس بسبب الاصطدام بالكويكبات أو بالمذنبات في معرفة الكثير عن ذلك الموضوع.

فآثار الحرارة الناتجة عن الانهيار الأولي للسديم الذي تكونت منه الشمس والكواكب (١٧٩٦)، لا بد أنها بردت بعد حوالي مائة مليون سنة. أثبت النشاط الإشعاعي بالفعل أن الأرض أقدم بكثير من ذلك (١٩٢١)، كما بدا أن ثمة ضرورة من إشراقها بلايين السنين من أجل إتمام تلك العملية البطيئة للتطور البيولوجي لإحداث التنوع الحالي من النباتات والحيوانات.

من الممكن أن يتعرقل مسار الحياة ويتوقف إذا شعرنا بعدم الأهمية في العالم من حولنا، بعيدًا عما يمكن أن يتم قياسه ووزنه بواسطة الأدوات التي يستعملها الفيزيائيون أو وصفه بواسطة رموز القياس الخاصة بعلماء الرياضيات.

آرثر أدينجتون

كان عالم الفلك آرثر أدينجتون الخريج في جامعة كامبريدج مشهورًا بملاحظاته عن كسوف الشمس الذي حدث عام ١٩١٩ وأكد النظرية النسبية العامة للعالم آينشتاين (١٩١٥). اعتمد العالم أدينجتون على عمل شخص آخر في الجامعة نفسها ألا وهو فرنسيس أستون. فباستخدام علم الطيف (القائم بقياس الكتل) الذي وضعه العالم جوزيف جون طومسون (١٩٠٧)، قام العالم أستون بقياس وزن ذرات الهيدروجين والهليوم بحرص شديد موضحًا أن وزن ذرة الهليوم أقل من أربع ذرات هيدروجين. فتمسك العالم أدينجتون بهذه الحقيقة واقترح أنه بداخل الشمس والنجوم الأخرى تندمج أربع ذرات من الهيدروجين معًا لتكوين ذرات الهليوم.

في عام ١٩١٩، اكتشف العالم أرنست رذرفورد أنه من الممكن تطبيق علم الكيمياء القديمة، باستخدام العلوم الحديثة. فمن الممكن تحويل عنصر إلى عنصر آخر، مثل تحويل النيتروجين إلى الأكسجين. وكان آرثر أدينجتون يقترح استخدام علم الكيمياء القديمة لأغراض أخرى. فمقدار الكتلة الضئيل المفقود، عندما تحولت أربع ذرات هيدروجين إلى ذرة هليوم واحدة، سيظهر مرةً أخرى كطاقة، بالطريقة نفسها التي أوضحها العالم آينشتاين في معادلته الشهيرة (١٩٠٧). فقد أظهرت الحسابات أن التحويل الثابت لكمية قليلة من مخزون

الشمس الهائل من ذرات الهيدروجين إلى ذرات الهليوم سيجعلها مصدرًا دائمًا للضوء وللطاقة لبلايين السنين. لقد اتضح أن تلك التفاصيل المهمة لن يظهر تأثيرها إلا فيما بعد ((بييث وفون وايسزاشر ١٩٣٨)، ولكن كما قال العالم أدينجتون: "فإننا لسنا بحاجة إلى مزيد من البحث عن مصدر طاقة النجوم".

إسهامات أرنست رذرفورد في مجال علم الذرة

١٩٢٠

يرجع أصل كلمة "الذرَّة" إلى اللغة اليونانية؛ حيث تشير تلك الكلمة إلى أصغر وحدة غير قابلة للانقسام. وبحلول العقود الأولى من القرن العشرين، لم يعد ذلك المصطلح مناسبًا. فقد كان من الواضح أن الذرات لها العديد من المكونات المختفية بداخلها، والتي يمكن لها أن تنفصل. فقد اكتشف العالم طومسون مكانًا للإليكترونات ذات الشحنات السالبة داخل الذرات (١٨٩٩). وقد اتضح أن الشحنة المتبقية الموجبة كانت موجودة داخل نواة أو كتلة مركزية متناهية الصغر (١٩٠٩)، والتي تقوم الإليكترونات بالدوران حولها (١٩١١). ولكن يبقى السؤال: ما مكونات النواة؟ وهل يمكن أن تنقسم هذه المكونات؟

قبل ذلك الوقت بقرن كامل، اقترح عالم الكيمياء الإنجليزي أدورد براوت أن كل الذرات تتكون من ذرات الهيدروجين، ولكن لم تستطع القياسات التي كانت مفروضة لقياس الوزن الذري في ذلك الوقت تدعيم تلك الفكرة (دالتون ١٨٠٨). فلم يبدُ هناك أية ذرات لها الوزن الذري نفسه الذي لذرات الهيدروجين. فالكلور، على سبيل المثال، يزن مقدار ٣٥,٥ مرة حجم ذرة الهيدروجين. ولكن اكتشاف النظائر المتمثلة في الأشكال المتعددة التي يتخذها العنصر بأوزان ذرية مختلفة (١٩٠٧) قد ساهم في حل هذه المشكلة. اعتقد العالم أرنست رذرفورد – رائد تلك الفروع من المعرفة – أن كل نواة تتكون من جسيمات متطابقة أطلق عليها اسم بروتونات، والتي يساوي عددها الوزن الذري للعنصر. وبذلك، تحتوي نواة الأكسجين على ١٦ بروتونـًا، ونواة الكربون على ١٢ بروتونـًا ونواة الكلور على ٣٥ أو ٣٧ بروتونـًا وهكذا.

لكن كانت هناك مشكلة ما تمثلت في اكتساب خاصية جديدة عن الذرات أهمية كبيرة. إنها خاصية العدد الذري، الذي يساوي عدد الإليكترونات في ذرة أو عدد الشحنات الموجبة في نواة الذرة. فعنصر الكربون على سبيل المثال، يبلغ عدده الذري ٦، بينما في الأكسجين يبلغ ٨، وبالنسبة للكلور فيبلغ دائمًا ١٧. وجدير بالذكر أن العدد الذري يعد من الأمور المهمة. فالعناصر الموجودة في الجدول الدوري (**١٨٦٩**) قد تم ترتيبها بشكل أفضل بناءً على العدد الذري بدلاً من الاعتماد على الوزن الذري.

ربما تحتوي النواة أيضًا على إليكترونات لا تؤثر كثيرًا على وزن الذرة، ولكنها قادرة على عمل موازنة مع الشحنة الموجبة، مما يؤدي بالتالي إلى وجود اختلاف بين الوزن الذري والعدد الذري. ولذلك، فالشكل المعتاد من ذرة الكربون يعتمد على وجود ١٢ بروتونـًا و ٦ إليكترونات، بينما تحتوي ذرة الكلور على ٣٥ أو ٣٧ بروتونـًا تتم معادلتها مع ١٨ أو ٢٠ إليكترون. إذا تم استبعاد أي من هذه الإليكترونات من ذرات العناصر المشعة الثقيلة، فيمكن أن تكون هذه الإليكترونات المطرودة مصدرًا لجسيمات بيتا التي فسرها العالم رذرفورد للمرة الأولى في عام **١٨٩٩** (النشاط الإشعاعي).

في عام ١٩٢٠، كانت لدى العالم رذرفورد نفسه فكرة أفضل. تمثلت هذه الفكرة في تصويره لأحد الجسيمات المصاحبة لحركة بروتون في ذرة ما، ولاحظ أن هذا الجسيم ينتمي إلى الكتلة نفسها، ولكنه لا يحتوي على أية شحنات كهربائية. فأطلق رذرفورد على ذلك الجسيم اسم "النيوترون". إلا أنه لم يتم الكشف عن أسرار النيوترون لمدة ١٢ سنة أخرى (معمل كافندش **١٩٣٢**). وبالتالي، فسرت نظرية وجود النيوترون وجود النظائر لعنصر ما، حيث تحتوي هذه النظائر على العدد نفسه من البروتونات وعدد مختلف من النيوترونات. ولذلك، يحتوي نظيرا الكلور على ١٧ بروتونـًا ويصاحبهما إما ١٨ أو ٢٠ نيوترونـًا. كذلك، ثمة تفسير لوجود جسيمات بيتا. ربما في العناصر المشعة تتحول النيوترونات بطريقة تلقائية إلى بروتونات، والتي تقذف بدورها الإليكترونات خارج الذرة للحفاظ على الشحنة الكهربائية ثابتة.

توقع العالم رذرفورد أيضًا أن وجُود النيوترون يساعد على الحفاظ على وحدة البروتونات معًا، وإلا سيؤدي التنافر المتبادل بينها إلى نسف النواة. كما افترض العالم رذرفورد وجود

قوى جذب جديدة، والتي سوف تتم تسميتها فيما بعد بالقوى المؤثرة والتي تنشأ فقط بين البروتونات والنيوترونات (١٩٣٦). والمثير للدهشة في هذه النقطة هو أن رذرفورد كان سابقًا لعصره. فهذه القوى التي اكتشفها عملت في يوم من الأيام. على إدارة مفاعلات الطاقة النووية وتصنيع القنبلة الذرية (الانشطار النووي ١٩٣٨).

إسهامات آرثر هولمز في حساب عمر الأرض

١٩٢١

حوَّل اكتشاف النشاط الإشعاعي في عام ١٨٩٦ اهتمام العلماء بشكل غير مسبوق إلى معرفة عمر الكرة الأرضية (١٨٦٢). فأتاح النشاط الإشعاعي في الصخور مصدرًا كبيرًا من الحرارة الداخلية، مما سمح لكوكب الأرض أن يكون عمره مئات الملايين بل والبلايين من السنين. ولذلك، أعطتنا التحولات البطيئة للمعادن المشعة الأمل في إمكانية تحديد عمر الأرض بالضبط.

كان في مقدمة هذا التطور العالم المتميز أرنست رذرفورد. وبمساعدة العالم فريدريك سودي له، استطاع رذرفورد تعقب العلاقات القائمة بين العناصر المشعة المتعددة والتعرف على نشأتها (١٩٠٣)؛ حيث إنها قد مرت بمراحل عديدة من الانحلال الإشعاعي، حتى أصبحت في النهاية عناصر غير مشعة. لبعض هذه العناصر نظائر تعرضت بشكل سريع لانحلال إشعاعي، بينما يمكن للعنصرين الأساسيين - اليورانيوم والثوريوم - أن يستمر نشاطهما الإشعاعي لملايين أو حتى بلايين السنين. اعتقد العالم رذرفورد أنه يمكن التوصل إلى معرفة عدد السنوات التي مرت من عمر الأرض عن طريق مقارنة كميات من العناصر طويلة الأجل والعناصر قصيرة الأجل من حيث نشاطها الإشعاعي من خلال إحدى العينات المعدنية.

الجـــدول الزمنـي للعصـــور				
العصر	**الفترة**	**بداية العصر**	**سبب التسمية**	**ماذا حدث؟**
العصر السينوزوي (عصر الحياة الحديثة)	رباعية	منذ ١,٨ مليون سنة	التقسيم الرابع للصخور كما أطلق عليه العالم أردوينو (١٧٥٩)	تعاقب العصور الجليدية في معظم هذه الفترة. تطورت هيئة الإنسان بالشكل الذي يظهر به الآن.
	ثلاثية	منذ ٦٥ مليون سنة	التقسيم الثالث للصخور كما أطلق عليه العالم أردوينو (١٧٥٩)	سيادة الثدييات والطيور
العصر الميزوزوي (الحياة الوسطى)	العصر الطباشيري	منذ ١٤٥ مليون سنة	وفقًا للاسم اللاتيني المشير لمعنى "طباشير"؛ حيث تكونت الصخور البيضاء لمنحدرات مضيق دوفر في ذلك الوقت	سيادة الديناصورات بشكل كبير للغاية؛ حيث انقرضت في نهاية تلك الفترة (١٩٨٠). ظهور الثدييات والطيور بشكلها الأولي
	العصر الجوراسي	منذ ٢١٣ مليون سنة	تبعًا لجبال جورا في سويسرا؛ حيث تمت دراسة صخور هذه الفترة لأول مرة	ظهور الزواحف الطائرة والعائمة بشكلها الأولي وبداية ظهور النباتات المزهرة للمرة الأولى
	العصر الترياسي	منذ ٢٤٨ مليون سنة	تبعًا للتقسيم الثلاثي للصخور في هذه الفترة في ألمانيا	بداية عصر الزواحف "عصر الديناصورات"، وبدء انفصال أم القارات "بانجيا" إلى عدة قارات (١٩٩٢)
العصر الباليوزوي (عصر الحياة القديمة)	العصر البرمي	منذ ٢٨٦ مليون سنة	تبعًا لمنطقة برم في روسيا، حيث تمت دراسة صخور هذه الفترة للمرة الأولى	نهاية العصر الباليوزوي بحدوث أضخم انقراض جماعي تم تسجيله (١٨٦٠)

	العصر الكربوني	منذ ٣٦٠ مليون سنة	تبعًا لطبقات الفحم الكربوني ورواسبه المدفونة بكميات هائلة في ذلك الوقت	تكون أم القارات "بانجيا" بسبب اصطدام القارات مع بعضها البعض. ظهور أول أنواع الزواحف. تحول غابات ضخمة فيما بعد إلى طبقات من الفحم
	العصر الديفوني	منذ ٤١٠ مليون سنة	تبعًا لاسم منطقة ديفون شاير، حيث تمت دراسة صخور هذه الفترة للمرة الأولى	وجود تنوع ضخم لأنواع السمك. الحشرات والعناكب تسكن الأرض وتستقر بها. ظهور النباتات ذات الحبوب لأول مرة
	العصر السيلوري	منذ ٤٤٠ مليون سنة	تبعًا لاسم إحدى قبائل السلوريين السلتية القديمة	ظهور الشكل الأولي للسمك بدء دب مظاهر الحياة على الأرض. ظهور النباتات ذات الجذوع لأول مرة
	العصر الأردوفيشي	منذ ٥٠٥ مليون سنة	تبعًا لاسم إحدى القبائل السلتية القديمة التي تحمل الاسم نفسه	حدوث تطور سريع في شكل الحيوانات اللافقارية. تكون طبقة الأوزون لحجب الأشعة فوق البنفسجية الضارة
	العصر الكمبري	منذ ٥٤٤ مليون سنة	تبعًا للاسم اللاتيني لمقاطعة "ويلز"، حيث تمت دراسة صخور هذه الفترة لأول مرة	ظهور أشكال الحياة المعقدة للمرة الأولى (الكائنات متعددة الخلايا) ومن أمثالها الإسفنجيات وقنديل البحر

إن هذا الجدول – المزود بالتواريخ التي تم تحديدها بناءً على دراسات أجريت عن النشاط الإشعاعي للصخور – يغطي فقط آخر ٥٤٠ مليون سنة من تاريخ الأرض. ففي عصور ما قبل العصر الكمبري، اقتصرت الحياة تقريبًا بأكملها على الكائنات وحيدة الخلية التي عاشت في البحر.

نجح العالم الإنجليزي آرثر هولمز في معرفة الحقيقة بأكملها بدأبه على اتباع هذا الأسلوب. فقام العالمان رذرفورد وسودي بحساب فترات الانحلال الإشعاعي لعنصر الراديوم لكي يتحول إلى رصاص غير مشع في عشر خطوات، حيث ينتج عن كل خطوة التوصل إلى عنصر جديد مختلف عن غيره. اعتقد هولمز أنه نظرًا لحدوث كل خطوة بمعدل معروف، فإن أمر مقارنة كميات من العناصر "الوليدة" المتعددة (بما فيها الرصاص) سيشير إلى المدى الزمني الذي استغرقته هذه العملية أو أنه سيوضح بالأحرى المدى الزمني الذي استغرقه المعدن الرئيسي لكي يتصلد (حيث إن ذلك يمنع أي عنصر من العناصر الوليدة من الخضوع لمزيد من التحلل).

لقد كانت عملية التوصل لهذه القياسات عملية معقدة استهلكت الكثير من الوقت. ولذلك، اعتبرها الكثير من علماء الجيولوجيا لا تستحق كل هذا العناء. كما أنهم لم يبدوا أي اهتمام تجاه علماء الفيزياء - أمثال هولمز - بسبب تدخلهم الدائم في اختصاصاتهم. ولكن العالم هولمز استطاع التغلب على تلك اللامبالاة وذلك عن طريق تعديل أساليبه البحثية بشكل متكرر ومستمر مع تقليل معدل الوقوع في الأخطاء.

بحلول عام ١٩٢١، نجح هولمز في تحقيق إنجاز بارز في هذا الصدد. فقد اتفق رؤساء الاجتماع المنعقد للجمعية البريطانية للتقدم العلمي في تلك السنة على صحة الأسلوب التأريخي بواسطة استعمال النشاط الإشعاعي، مما أثبت أن عمر الأرض تجاوز بلايين السنين. ولذلك، كانت هناك فرصة كبيرة لحدوث تطور وتغير جيولوجي بطيء في شكل الأرض وسكانها. وفي عام ١٩٢٦، أقامت إحدى الأكاديميات العلمية في الولايات المتحدة الأمريكية لجنة لدراسة المادة بمزيد من التفصيل. وكتب معظم الفقرات التي يحتوي عليها التقرير النهائي العالم آرثر هولمز. يمكن للقارئ أن يستنتج فحوى الآراء العلمية التي ذكرها في ذلك التقرير.

توضح الدراسات الحديثة التي تعتمد على استعمال النشاط الإشعاعي أن قشرة الأرض الخارجية قد اكتسبت صلابة للمرة الأولى منذ أكثر من ٤ بلايين سنة. فظهرت أول الكائنات الحية على الأرض مباشرةً بعد ذلك (١٩٩٣).

اكتشاف فريدريك بانتنج وتشارلز بست للأنسولين

١٩٢٢

عمل الطبيب الكندي فريدريك بانتنج كثيرًا في مجال علاج الأطفال، بما فيهم بعض الأطفال الذين يعانون من مرض السكر. وبالطبع يعتبر هذا المرض خطيرًا خاصةً بالنسبة للأطفال؛ حيث لا يستطيعون التحكم في مستوى السكر في دمهم. فيتذبذب مستوى السكر بشكل كبير، مما يؤثر على الأوعية الدموية والكليتين والعيون، الأمر الذي يؤدي إلى الإصابة بالأمراض الخطيرة أو الوفاة في وقت لاحق.

علم بانتنج أن غدة البنكرياس لها علاقة إلى حد ما بهذا المرض. ومثل غيره، ساورته الشكوك بصدد إفراز هذه الغدة مركب كيميائي يتحكم في مستوى السكر في الجسم كله. وبالرغم من عدم رؤية هذا المركب على الإطلاق، كان هذا المركب يسمى "الأنسولين". أما عن المنطقة التي توجد في هذه الغدة ومن المفترض أن يتم فيها تكوين هذا المركب، فتسمى بـ"جزر لانجزهانز، وذلك وفقًا لاسم عالم التشريح الألماني الذي كان أول من اكتشفها. فالأشخاص المصابون بالسكر من المفترض أنهم يعانون من نقص في إفراز الأنسولين. كما أن فكرة تغذية هؤلاء المرضى بقطع من بنكرياس بعض الحيوانات لا تبدو ذات جدوى. لغدة البنكرياس وظيفة مزدوجة؛ فهي تعمل على إفراز إنزيم يسمى بالتربسين الذي يساعد في هضم البروتينات (برنار ١٨٥١). من المفترض أنه في أثناء تكوين مستخلص من غدة البنكرياس لإعطائه إلى المرضى، فإن العصارة الهضمية تعمل على تدمير ذلك الأنسولين.

خطر على بال العالم بانتنج فكرة توصيل القناة التي تحمل إنزيم التربسين بالأمعاء، مما سيؤدي بدوره إلى إضعاف الخلايا المكونة لإنزيم التربسين تاركة الخلايا المكونة للأنسولين قادرة على أداء عملها بكفاءة دون تأثير. وبعد فترة من الوقت، تم استخلاص الأنسولين دون الخوف من تعرضه للتحلل. وفي عام ١٩٢٢، في أثناء عمله مع الطالب تشارلز بست، اتبع بانتنج هذه الطريقة مع بعض أنواع الحيوانات لاستخلاص الأنسولين، الذي أثبت فعاليته عند حقنه في التحكم في مرض السكر. وبالتالي، نجح العالم بانتنج في إنقاذ حياة الكثير من الأشخاص الذين كانوا يعانون بشدة من ذلك المرض، وحصل على جائزة نوبل للطب بعد سنة واحدة من ذلك الاكتشاف.

يعتبر الأنسولين واحدًا من ٥٠ هرمونًا أو أكثر توجد في جسم الإنسان. يرجع مصطلح "هرمون" للكلمة اليونانية التي تعني الشعور بالإثارة الانفعالية، نظرًا لأن تلك الهرمونات تمثل مواد كيميائية تعمل بشكل أساسي على إتمام الكثير من العمليات الحيوية والضرورية في الجسم. فقد ترفع هذه الهرمونات من ضغط الدم وتزيد من معدل ضربات القلب (هرمون الأدرينالين) وتساعد في إتمام عملية الولادة (هرمون الأكسيتوسين)، فضلاً عن أنها تعمل على تحفيز الرغبات الجنسية (هرمون التستوستيرون) وتسبب ردود فعل تجاه الحساسية (هرمون الهستامين). بعض الهرمونات الأخرى تحافظ على ضبط نسق العمليات الحيوية. فالأنسولين وبعض الهرمونات المتعلقة به، يقومان بالتحكم في مخزون السكر (الجلوكوز) في الكبد كالجليكوجين. أما بالنسبة للدوبامين والملاتونين، فإنهما يؤثران على وظائف المخ. ويعتبر النظام الهرموني البشري نظامًا مركبًا ومعقدًا. وقد ازدادت المعرفة بصدد هذا النظام الهرموني بشكل هائل منذ التعرف على أول هرمون (الأدرينالين) في تسعينيات القرن التاسع عشر.

إسهامات فلهلم بيجركينز في مجال دراسة الرياح

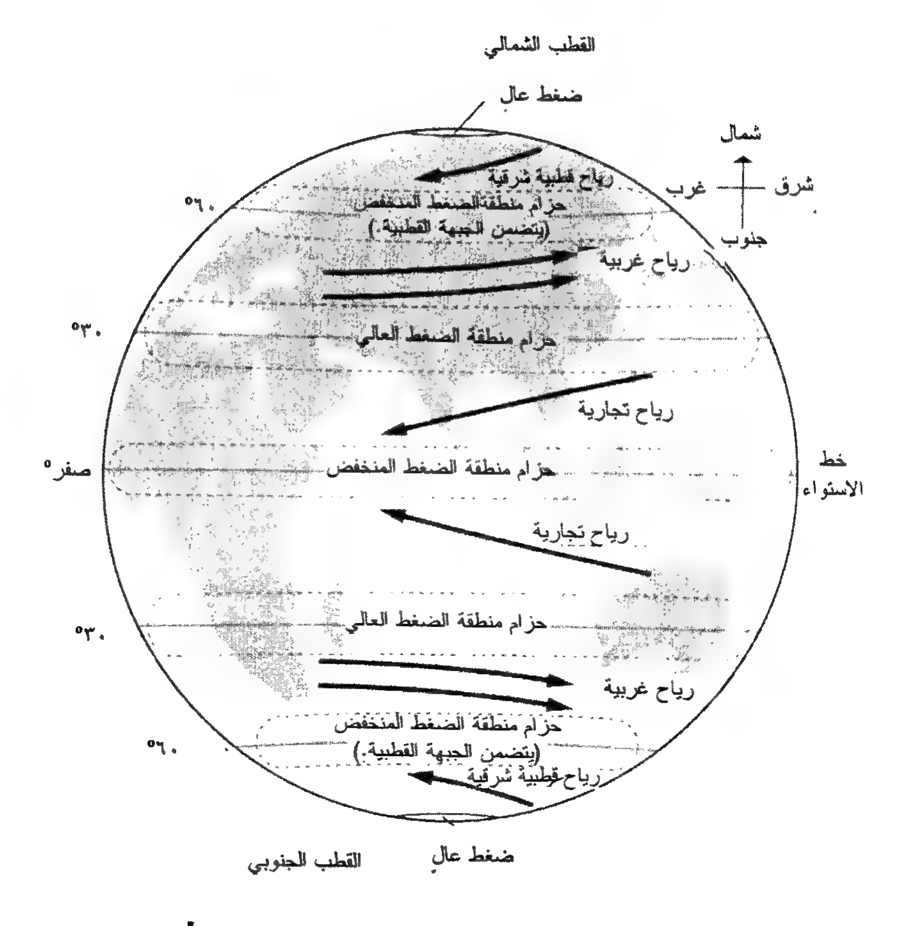
١٩٢٢

عمل اختراع التلغراف عبر الأسلاك الكهربائية في حوالي عام ١٨٤٠، على تغيير أسلوب دراسة الطقس. فقد أصبح من الممكن للمرة الأولى رسم خرائط للطقس توفر معرفةً إجمالية عن أحوال الجو في مساحة كبيرة في الوقت نفسه. وكان العالم الأمريكي جوزيف هنري (١٨٣١) أول من قام بتصميم مثل هذه الخرائط.

لقد أظهرت هذه الخرائط بشكل أساسي توزيع ضغط الهواء، حيث توجد مناطق ذات ضغط جوي منخفض ومناطق ذات ضغط جوي مرتفع. توجد معظم التجمعات السكانية والمشروعات الصناعية في أمريكا الشمالية وأوروبا بالقرب من مناطق منخفضة الضغط الجوي بين منطقة الشمال القطبي ومناطق أخرى في الجنوب. وكان هذا النطاق الطولي من الضغط المنخفض بمثابة مسار لتيار ثابت من الأعاصير التي تأتي من الجهة الغربية لتحدث تغييرات كبرى في الطقس، حتى أنها تأتي أحيانًا بالدمار والخراب خاصةً في فصل الشتاء.

من أجل الحصول على تنبؤات جوية أفضل لكل من أمريكا الشمالية وأوروبا، يجب فهم الأسباب التي تؤدي إلى قيام الأعاصير في دوائر العرض المتوسطة المارة بهما وكيفية نشوء هذه الأعاصير وتحركها من مكان لآخر. وانبثقت الأفكار الجديدة المهمة من دولة النرويج بعد نهاية الحرب العالمية الأولى مباشرةً. وقضى عالم الفيزياء والأرصاد الجوية فلهلم بيجركينز وابنه جاكوب جزءًا من فترة الحرب في إنشاء شبكة من محطات المراقبة عبر دولة النرويج. ولكن المعلومات التي توفرت من خلالها عن الطقس بدت غير مفهومة وتحتاج إلى نظرية عن الأعاصير التي تحدث في دوائر العرض المتوسطة.

بحلول عام ١٩٢٢، كان العالم بيجركينز على وشك إصدار إحدى النظريات في هذا الصدد. فقد اعتقد أن الأعاصير تنشأ عن تصادم بين رياح باردة قادمة من الشمال الشرقي – وهي رياح جافة قادمة من الضغط العالي المحيط بالقطب الشمالي وبين الرياح الجنوبية الغربية التي تأتي محملة ببخار الماء – وهي تلك الرياح الدافئة القادمة باتجاه المناطق الجنوبية. وتأتي هذه الرياح عبر منطقة ضيقة أطلق العالم بيجركينز عليها اسم "الجبهة القطبية"، والتي تمتد في المتوسط حوالي ٦٠ درجة شمال خط الاستواء. تعمد العالم بيجركينز اختيار هذا المصطلح مع نهاية الحرب العالمية الأولى لكي يشير إلى صورة الصراع الدائر بين القوات المتنافسة، لتفرض إحداهما سيطرتها على الأخرى. وكما تحاول الرياح أن تدفع الرياح الأخرى التي تقابلها، فإن دوران كوكب الأرض يعمل على وجود دوامات كبيرة تدور عكس اتجاه عقارب الساعة. تحدث هذه الأعاصير في دوائر العرض المتوسطة وهي تؤثر بدورها على الطقس بدرجة كبيرة في هذه المناطق.



تهب الرياح على سطح الكرة الأرضية من المناطق التي يكون فيها الضغط عاليًا عن المعدل المتوسط (فوق القطبين الشمالي والجنوبي وفوق المناطق الواقعة عند دائرة عرض ٣٠ درجة شمالاً وجنوبًا) لتصل إلى مناطق يكون فيها الضغط أقل من المعدل المتوسط (المناطق الواقعة على طول خط الاستواء وفي المناطق الواقعة عند دائرة عرض ٦٠ درجة شمالاً وجنوبًا).

بسبب دوران الأرض حول نفسها (كوريوليس ١٨٣٥)، لا تتجه الرياح في أثناء هبوبها إلى الشمال أو الجنوب بشكل مباشر. فالرياح المتجهة ناحية خط الاستواء (الرياح التجارية والرياح الشرقية القطبية) تبدو وكأنها تأتي من الشرق، أما الرياح التي تهب بعيدًا عن خط الاستواء فهي على الأرجح رياح غربية (كما في الأربعينيات الهوجاء عندما تصطدم الرياح الغربية بالرياح القطبية الشرقية عند دائرة عرض ٦٠ درجة شمالاً وجنوبًا، تظهر الجبهة القطبية بأعاصيرها منخفضة الضغط والتي تنتقل إلى أماكن كثيرة لتؤثر على الطقس في كل من أوروبا وأمريكا الشمالية.

تم تدعيم هذه الصورة التخطيطية عن طريق الاستعانة بالآراء العلمية السليمة والحسابات الرياضية الدقيقة، كما أنها لا تزال تحظى بقبول في الوقت الحالي من قبل الكثيرين كأساس من أسس التنبؤات بأحوال الطقس في تلك المناطق. تحدث هذه الأعاصير في أجزاء من المناطق الرئيسية - فالجبهات الباردة تدفع الهواء الجاف إلى الجنوب، والجبهات الدافئة تدفع الهواء الرطب المحمل ببخار الماء تجاه الشمال. ورد في إحدى القصص أن الرموز المعتادة المشيرة لهذه الجبهات تتمثل في رأس سهم بالنسبة للجبهات الباردة وشبه دائرة بالنسبة للجبهات الدافئة، حيث اعتمدت هذه الرموز على شكل الخوذات البريطانية والألمانية التي تمت رؤيتها في خنادق الحرب العالمية الأولى.

ترك العالم بيجركينز بهذه النظريات تراثًا غنيًا من الناحية العلمية. فقد كانا أول من حاول النظر إلى الطقس من وجهة نظر رياضية، فقاما بصياغة معادلات للتعبير عن التفاعلات بين العوامل الأساسية المؤثرة على الطقس، مثل الضغط ودرجة الحرارة وتدفق الطاقة ومعدل الرطوبة. وتعلقت عملية التنبؤ بالطقس بحل هذه المعادلات، بمعدل حل عشرات منها في كل مرة على حدة. اتسمت تلك المهمة بشدة البطء إلى أن جاء اختراع الكمبيوتر، ولكن هذه العملية تعتبر أساس كل التنبؤات الجوية التي تُجرى في يومنا هذا.

إسهامات أدوين هابل في مجال علم الفلك

١٩٢٤

ساهم التليسكوب الفضائي الذي صممه العالم هابل، والذي أُطلق في مدار الكرة الأرضية في مرحلة التسعينيات من القرن العشرين، في تغيير فكرتنا عن الكون، سواء من قريب أو من بعيد، من خلال الصور المذهلة التي التقطها لأجزاء معينة من هذا الكون. لقد ساهم ذلك الأمر في تخليد ذكرى عالم الفلك الأمريكي أدوين هابل، الذي كان لأفكاره واكتشافاته بالغ الأثر في وقته. فقد استطاع حل مشكلة لغز سحب السديم وأعطانا فهمًا أفضل وأبسط عن مكان كوكب الأرض ومكان الشمس في أضخم هيئة منظمة في الطبيعة.

كان العالم أدوين هابل يتمتع بإمكانية استخدام التليسكوب الجديد - الأكثر كفاءة في العالم في ذلك الوقت - الذي يبلغ ارتفاعه ٢,٥ متر والموجود في قمة مرتفع ويلسون في مدينة

كاليفورنيا. وقد استخدم زميله هارلو شابلي (١٩١٨) ذلك التليسكوب في قياس حجم وشكل النجوم المحيطة بالأرض - أي مجرة درب التبانة بمليارات النجوم التي تحتوي عليها عن طريق ملاحظة مجموعة معينة من النجوم تسمى بمجموعة المتغيرات الدورية (ليفت ١٩١٢).

في عام ١٩٢٤، بحث أدوين هابل عن نجوم متشابهة بين سحب السديم. وكانت الأدلة تكشف على الأقل أن بعض سحب السديم لم تكن ضمن النجوم، كما اعتقد قديمًا وليم هيرشل (١٧٨٩)، ولكنها كانت بعيدة عنها كثيرًا. على سبيل المثال، ظهرت نجوم جديدة (نجوم متجددة التألق والتي أطلق عليها بعد ذلك النجوم المتجددة العظمى) في بعض سحب السديم حيث كانت تتلألأ ويخمد بريقها كما رآها العالم تيكو براهي في عام ١٥٧٢ والعالم جوهانس كبلر في عام ١٦٠٤. ولكن مجموعات النجوم المتجددة العظمى الموجودة في سحب السديم كان بريقها خامد، ويعني ذلك أن موقعها كان على بعد كبير للغاية. وبفضل العالم فيستو سليفر (١٩١٢)، علمنا أن هناك بعض سحب السديم كانت تبعد عنا بسرعة تتجاوز ١٠٠٠ كيلو متر في الثانية، أي أن هذه السحب تتحرك أسرع بكثير من أي نجم آخر.

حسم العالم أدوين هابل ذلك الأمر. وقام بمقارنة لمعان نجوم المتغيرات الدورية التي اكتشفها مع الوقت الذي استغرقته خلال دورة التغيير الخاصة بها (مما يعد مقياسًا لمعرفة مدى بريقها بالفعل). وأظهرت حساباته أن سحب السديم التي تضمنت هذه المجموعة من النجوم يجب أن تكون على بعد مئات الآلاف من السنوات الضوئية، أي تكون على الأقل عشرة أضعاف بعد كوكب الأرض عن أي نجم في مجرتنا.

لقد كان الاستنتاج واضحًا. فالكثير من سحب السديم تمثل تجمعات هائلة ومستقلة من النجوم، وتتشابه كثيرًا مع مجرتنا، حيث تحتوي كل مجرة على العديد من مليارات النجوم. فقد تنبأ الفيلسوف الألماني إيمانويل كنت (١٧٥٠) أي منذ حوالي ٢٠٠ سنة بوجود مثل هذه النجوم. عند رؤيتها في الفضاء، بأقصى قدر ممكن من الرؤية التي يمكن أن توفرها التليسكوبات، نجد أن هذه النجوم تنفصل عن بعضها البعض وتنفصل عنا بمقدار مساحات شاسعة من الفضاء. على سبيل المثال، إذا كانت كل مجرة في حجم إطار دراجة ما، فإن أقرب مجرة مصاحبة ستكون على بعد ٣٠ مترًا. ← ١٩٢٩

إسهامات لويس دي بروجلي في مجال الذرة

١٩٢٤

نادرًا ما كان يشترك أفراد العائلة المالكة في المناحي العلمية المختلفة. فالعالم الفرنسي لويس دي بروجلي كان أميرًا – بالرغم من أن الدولة التي كان يعيش فيها في ذلك الوقت كانت جمهورية – وكان شخصية لامعة في مجال العلم، حيث وضع فكرة مذهلة في رسالته التي قدمها للحصول على درجة الدكتوراه وهو في الرابعة والعشرين من عمره. كانت الأفكار المتمردة على الواقع تعتبر شيئًا مألوفًا في مجال علم الفيزياء في تلك الأيام. ولكن ممتحنيه كانوا مرتبكين لدرجة تطلبت منهم استدعاء العالم ألبرت آينشتاين لكي يدلي برأيه في رسالته. اتفق ألبرت آينشتاين بشكل كلي مع اقتراح ذلك الشاب الصغير قليل الخبرة. ومن ثم، حصل لويس دي بروجلي على درجة الدكتوراه التي كان يسمو إليها.

استطاع جوهر نظرية لويس دي بروجلي أن يغير الفرق التقليدي بين الموجات والجسيمات. لقد بدأ العالم ألبرت آينشتاين بهذا العمل بالفعل في عام ١٩٠٥، حيث أثبت أن الضوء – الذي اعتقدنا أنه يمثل موجات لفترة طويلة – يمكن اعتباره جسيمات لها كم معين من الطاقة الضوئية. ونظرًا لتأثره الشديد بما فعل العالم ألبرت آينشتاين، اتخذ لويس دي بروجلي أسلوبًا عكسيًا لأسلوب ألبرت آينشتاين. فقال إن الجسيمات مثل الإليكترونات يمكن اعتبارها كموجات. حتى أنه كانت لديه صيغة تختص بالطول الموجي للموجة المصاحبة والتي تخيلها مصاحبة لأحد الجسيمات عند تحركها كل مرة في الفضاء.

عندما طرح العالم ألبرت آينشتاين الرأي المتعلق بهذه المسألة، رأي الكثير من علماء الفيزياء أن ذلك ليس مقبولاً على الإطلاق. فمن وجهة نظرهم أن الجسيمات ما هي إلا جسيمات، وأن الموجات لا يمكن اعتبارها سوى موجات. ولكن العالم لويس دي بروجلي سرعان ما نجح في الحصول على أدلة قوية تثبت صحة هذه الافتراضات. فقد استطاع أن يعطي تفسيرًا آخر أقل حدة بالنسبة للمدارات المهمة التي تخيلها العالم نيلز بور والتي تدور فيها الإليكترونات في الذرة (١٩١٣)، والتي شرحت كلاً من الطيف الخطي للغازات والجدول الدوري للعناصر. وقام بذلك عن طريق إظهار أن محيط الدائرة لأحد تلك المدارات يعبر بالضبط عن مجموع الطول الموجي الخاص بالإليكترونات في ذلك المدار. ويعني ذلك أن

الإليكترون لا يستطيع التوقف عن الدوران في المدار ولو لثانية واحدة. وقد تدفقت الأطوال الموجية لهذه الإليكترونات بشكل طبيعي من خلال الصيغ التي وضعها علماء آخرون، مثل ماكس بلانك (١٩٠٠) وآينشتاين (١٩٠٧). ومن خلال ما سبق، نكتشف حقيقة كل هذه النظريات عن الإليكترونات والجسيمات.

يتمثل الأمر الأكثر أهمية في عرض كيفية تحرك الإليكترونات مثلما تم عرض كيفية تحرك الموجات؛ حيث إنها تنحل مثل الضوء عند سقوطه على منشور زجاجي. فتتحرك الإليكترونات من خلال البلورات، مع مراعاة الترتيب الطبيعي للذرات. وعندما تخرج الإليكترونات مرةً أخرى، ينبعث منها بعض الدوائر المضيئة والمعتمة على ظهر شريحة ضوئية، تمامًا مثل الأهداب التي تمت رؤيتها من قبل العالم توماس يونج في الضوء (١٨٠١) والتي رصدها أيضًا هاينريتش هيرتز (١٨٨٨) مع الموجات اللاسلكية. وبذلك تكونت بالفعل الأدلة القوية عن حقيقة آراء العالم لويس دي بروجلي عن ازدواجية الجسيم والموجة؛ وهي الفكرة التي مفادها أن الموجات والجسيمات يمثلان وسيلتين مطابقتين لرؤية الأحداث نفسها.

يمكن أن يمثل مفهومان مختلفان من الناحية الظاهرية العنصر نفسه من الحقيقة. فقد يساعد كلاهما على تمثيل الحقائق دون الدخول في صراع مباشر معًا.

لويس دي بروجلي

الشيء المثير للدهشة في ذلك أنه من بين العلماء الفيزيائيين الذين اكتشفوا أن الإليكترونات يمكن أن تكون موجات هو العالم الفيزيائي البريطاني جورج طومسون. ففي عام ١٨٩٧، كان والد ذلك العالم وهو جوزيف جون طومسون أول من أثبت أن الإليكترونات (أشعة الكاثود) تعتبر جسيمات وليست موجات. وقد فاز العالمان جورج طومسون وزميله الأمريكي كلارك دايفيسون بجائزة نوبل في علم الفيزياء، نتيجةً للعمل الذي قدماه في عام ١٩٣٧. وقد حصل العالم لويس دي بروجلي بالفعل على تلك الجائزة في عام ١٩٢٩ وهو في الثلاثين من عمره، ليكن بذلك أصغر من يحصل على تلك الجائزة على الإطلاق.

إسهامات فولفجانج باولي في مجال الذرة والإليكترونات

١٩٢٥

حققت النظرية الخاصة بالعالم الفيزيائي دانمركي الجنسية نيلز بور تقدمًا لا بأس به في تفسير نموذج خطوط الطيف التي تمت رؤيتها في الضوء الناتج عن تسخين الغازات (١٩١٣). فقد تعاملت تلك النظرية مع الهليوم مثلما تعاملت طيف غاز الهيدروجين بطريقة لا تخلو من الحرص، ولكنها حاولت بجد شرح المواقع الدقيقة لخطوط الطيف الخاصة بأكثر العناصر تعقيدًا.

بالإضافة إلى ذلك، كانت هناك مشكلة جديدة. فلكل ذرة حالة تسمى بحالة الخمود تتسم فيها بأقل مستوى من الطاقة يمكن للإليكترون تحمله، كما أن ذلك الإليكترون لا بد أن يكون الأقرب للنواة من غيره. ولكن، لماذا لا تفقد كل الإليكترونات ببساطة طاقتها لتسقط في حالة الخمود؟ تشغل مدارات الإليكترونات الخارجية معظم المساحة الفارغة في الذرة. (فوفقًا لما أوضحه العلماء هانز جايجر وأرنست رذرفورد وأرنست مارسدن في عام ١٩٠٩، تعتبر نواة الذرة شديدة الصغر لدرجة أنها تكاد تصل إلى حد العدم.) ولذلك، فإن أمر وجود كل إليكترون على حالة الخمود يهدد بزوال الذرات وانهيار بنية المادة. بالطبع لا يحدث ذلك، ولكن، لمَ لا يحدث؟

استطاع العالم الفيزيائي الألماني فولفجانج باولي الإجابة عن ذلك السؤال في عام ١٩٢٥. فقد كان ذلك العالم مفكرًا ناجحًا لكنه لم يحقق تلك الدرجة من النجاح عندما حاول أن يثبت صحة نظرياته عن طريق التجربة. وكان ذلك العالم غير بارع لدرجة أن الأجهزة التي كان يستخدمها داخل المعمل كانت تتوقف عن العمل، عندما كان لا يفعل أي شيء بخلاف السير في أرجاء المعمل.

كان شرح باولي للسؤال الذي سبق طرحه شرحًا بسيطًا، ولكنه كان عميقًا في الوقت ذاته. فليست كل الإليكترونات قادرةً على الوصول إلى حالة الخمود؛ حيث لم تكن هناك مساحة تكفي سوى لاثنين من الإليكترونات فقط بصفة عامة، لا يوجد سوى إليكترونين فقط لديهما المجموعة نفسها من الثلاثة الأعداد الكمية (١٩١٣). وكانت هذه هي نظرية العالم باولي عن مبدأ الاستبعاد. ولكنه لم يستطع تفسيره، ولم يكن متأكدًا حتى من أن مدارات الإليكترونات تمثل حقيقة أم خيال. وبغض النظر عن ذلك، بفضل هذا العالم تمت

معرفة أنه من المستحيل أن يكون العالم من حولنا يمر بحالة مستمرة من الانهيار. وبفضل ذلك المبدأ أيضًا، حصل العالم باولي على جائزة نوبل في الفيزياء في ١٩٤٥. ← ١٩٣٢

إسهامات هيرمان مولر في مجال علم الوراثة

١٩٢٦

درس عالم الأحياء الأمريكي توماس هانت مورجان (١٩١١) ذبابة الفاكهة عشرات السنوات، الأمر الذي أدى إلى زيادة معرفتنا عن علم الوراثة بشكل كبير. ولكنه لم يقم بتربية الملايين من هذه الحشرة وحده، بل كان يساعده الكثير من الطلاب الذين كانوا تحت يديه، حيث أصبح الكثير منهم فيما بعد باحثين مشهورين في مجالاتهم العلمية المختلفة.

كان العالم هيرمان مولر واحدًا من بين هؤلاء الباحثين. فقد انضم إلى فريق عمل العالم توماس هانت مورجان في جامعة كولومبيا بالولايات المتحدة الأمريكية في عام ١٩١٢، أي تقريبًا بعد الظهور المفاجئ لذبابة الفاكهة ذات العيون البيضاء بين حشود من هذه الذبابة ذات العيون الحمراء. قام العالم الهولندي هوجو دي فاريس (١٩٠١) بتسمية هذه التغييرات المفاجئة باسم "الطفرات الوراثية"، ولكنه تساءل عن سبب حدوث مثل هذه الطفرات، وعما إذا كان من الممكن أن يتم التحكم في سريان عملية حدوث هذه الطفرات أو لا.

على مدار العقد الذي تلا تلك الفترة الزمنية، سعى مولر إلى معرفة سبب حدوث هذه التغييرات في البيئة من حولنا. وبدا العنصر المتعلق بدرجة الحرارة مهمًا؛ حيث تزداد فرص حدوث طفرات إذا تمت تدفئة بيئة ذباب الفاكهة الذي يجرى عليه التجارب. ولكن جاءت الانفراجة الكبرى من خلال استعمال أشعة إكس، حيث اعتقد مولر أن هذه الأشعة ربما تبعث قدرًا هائلاً من الطاقة لفصل المركبات الكيميائية المعقدة، التي يظن أنها تكون الجينات الحاملة للصفات الوراثية. وكان ذلك العالم يبحث فقط عن أي تغيير يحدث ولو كان شديد الصغر.

عمل هذا المبدأ بفعالية واضحة بالتأكيد؛ حيث تسببت ثلاثون دقيقة تحت إشعة إكس في مزيد من الطفرات بمقدار ١٠٠ مرة من حدوثها بشكل طبيعي في غضون أسبوع واحد. فتربية الذباب الذي لم يُعرَّض إلى هذه الأشعة مع الذباب الذي تم تعريضه لهذه الأشعة أدت إلى

حدوث تغييرات ملحوظة في نسلها، حيث يمكن للأجنحة أن تكون عريضة أو ممتلئة أو حتى مجعدة، كما أن العيون يمكن أن تكون أرجوانية أو صفراء أو منتفخة أو مسطحة أو حتى ذات هيئات مختلفة. كذلك، فقد أصبحت بعض أنواع الذباب عقيمة، كما نفقت أعداد أخرى من الذباب. (لقد كانت للطفرات الوراثية بعض الآثار المدمرة والمميتة.) وكلما زادت فترة تعرض الذباب إلى الإشعاع أو زادت شدته، زاد حدوث الطفرات الوراثية.

نتيجة لهذا العمل، أفصح مولر فيما بعد عن مخاطر زيادة كمية الإشعاع الذي يتعرض له الناس، سواء الناتج عن الاستعمال المتزايد للطاقة النووية أو اختبار الأسلحة الذرية. وقد حصل العالم مولر على جائزة نوبل للطب في عام ١٩٤٦ وذلك مع بداية انطلاق العالم تجاه استخدام الطاقة الذرية.

استكمل باحثون آخرون ما بدأه العالم مولر. فنحن نعلم أن ثمة الكثير في البيئة المحيطة بنا قد يسبب حدوث طفرات، بالإضافة إلى تأثير أشعة إكس وتأثير الأنواع الأخرى من الإشعاع، الذي يتضمن الأشعة فوق البنفسجية والنشاط الإشعاعي والعديد من الأشكال المختلفة للمركبات الكيميائية. من الملاحظ أيضًا أن هذه الطفرات تحدث بشكل تلقائي. ففي الوقت الذي اعتقد فيه العالم مولر أن أعدادًا قليلة للغاية من الطفرات ساعدت بشدة في الإسراع من حدوث التطور فضلاً عن أن معظمها كان مضرًا، فإنه بدا الآن أن معظم الطفرات تتسم بالغموض، حيث لا ينتج عنها حدوث أي فرق على الإطلاق.

إسهامات نيلز بور في شرح الجدول الدوري للعناصر

١٩٢٦

كان تصنيف العالم دمتري مندلييف للعناصر المعروفة إلى صفوف (فترات) وأعمدة (مجموعات) من خلال جدوله الدوري للعناصر (١٨٦٩)، واحدًا من أهم منجزات علم الكيمياء في القرن التاسع عشر. فلكل عنصر معروف مكان معين في ذلك الجدول، كما أن الفجوات الأولية تم ملؤها فيما بعد بالعناصر المكتشفة حديثًا. وفي سياق ذلك الجدول الدوري، قُدمت جميع النماذج والاتجاهات التي تتعلق بالخصائص الكيميائية والفيزيائية. ولكن، ما سبب نجاح هذا الجدول؟ هل لأن تركيب الجدول يعكس بعض الترتيب الخفي بداخل الذرات التي تنتمي لعناصر مختلفة ومتعددة؟

اعتقد العالم الدانمركي العبقري نيلز بور في ذلك. إن الرغبة في شرح الجدول كانت تمثل الدافع الأساسي لتعبيره عن رؤيته الخاصة بترتيب الإليكترونات في عام **١٩١٣**. كما كانت رغبته هي الدافع وراء القيام بعدة أمور أخرى مثل توضيح الطيف للعديد من العناصر. ومن أجل ذلك، قام نيلز بور بتطوير مجموعة من الأعداد الكمية لتمثيل مستويات الطاقة المتعددة التي يمكن للإليكترون أن يتحملها، خلال دورانه حول نواة الذرة.

سبب نجاح الجدول الدوري للعناصر								
الفترة الأولى		**الفترة الثانية**			**الفترة الثالثة**			
العنصر	مستوي الطاقة الأول	العنصر	مستوي الطاقة الأول	مستوى الطاقة الثاني	العنصر	مستوي الطاقة الأول	مستوي الطاقة الثاني	مستوي الطاقة الثالث
١ الهيدروجين	١	٣ الليثيوم	٢	١	١١ الصوديوم	٢	٨	١
٢ الهليوم	٢	٤ البريليوم	٢	٢	١٢ الماغنسيوم	٢	٨	٢
		٥ البورون		٣	١٣ الألومنيوم	٢	٨	٣
		٦ الكربون		٤	١٤ السليكون	٢	٨	٤
		٧ النيتروجين		٥	١٥ الفسفور	٢	٨	٥
		٨ الأكسجين		٦	١٦ الكبريت	٢	٨	٦
		٩ الفلور		٧	١٧ الكلور	٢	٨	٧
		١٠ النيون		٨	١٨ الأرجون	٢	٨	٨

شرح العالم الفيزيائي الدانمركي نيلز بور تركيب الجدول الدوري للعناصر اعتمادًا على اعتقاده أن الإليكترونات في كل ذرة تملأ الفراغات في المدارات المتعددة حول النواة لتبدأ من أقل مستوى طاقة لهذه المدارات (مستوى الطاقة الأول). يكون المدار الخارجي لآخر العناصر من حيث فترته الزمنية ممتلئًا بالإليكترونات أو بعدد معين منها – ثمانية إليكترونات على سبيل المثال. أظهرت قواعد العالم نيلز بور أن المدار الذي يحتوي على أقل مستويات الطاقة (مستوى الطاقة الأول) يحتوي على إليكترونين فقط. ولذلك، فالفترة الأولى بها عنصران فقط. ويمكن لمستوى الطاقة الثاني أن يحتوي على ثمانية إليكترونات، لذلك فالفترة الثانية تحتوي على ثمانية عناصر. ويحتوي مستوى الطاقة الثالث على ثمانية عشر إليكترونًا، حيث ينتج عن ملء العناصر الثمانية الأولى من هذه الفترة ثمانية عناصر أخرى في الفترة الثالثة. وعلى هذا المنوال نفسه، تسير بقية العناصر الأثقل ومستويات الطاقة الأكبر، ولكن يصبح الترتيب الفعلي لمستويات الطاقة أكثر تعقيدًا عن ذي قبل.

صرح العالم الفيزيائي الألماني فولفجانج باولي استنادًا إلى مبدأه عن الاستبعاد في عام ١٩٢٥ أنه لا يمكن لأي مستوى من مستويات الطاقة أن يحتوي على أكثر من إليكترونين. ولكن العدد الكمي الأساسي الخاص بالعالم نيلز بور يشير إلى مجموعة من مستويات الطاقة التي تسمى بالمدارات. ولكن من الممكن أن يكون لكل مدار أعداد متعددة من مستويات الطاقة، بحيث يكون كل مدار مختلفًا عن الآخر. ووفقًا لآراء نيلز بور فيما يتعلق بالقواعد الكمية التي توصل إليها، فإن أقل مدار (المستوى الأول) يحتوي على مستوى طاقة واحد فقط، يضم إليكترونين فقط. ونظرًا لوجود أربعة مستويات للطاقة في المدار الثاني، تستطيع هذه المستويات أن تضم ثمانية إليكترونات، كما سيحتوي المدار الثالث على ثمانية عشر إليكترونـًا، وهكذا.

بخصوص هذه النقطة تحديدًا، كانت لدى نيلز بور رؤيتان أساسيتان. كانت الرؤية الأولى واضحة بما يكفي. ففي الظروف الطبيعية، تُملأ مستويات الطاقة بالإليكترونات بدءًا من المستويات السفلية. ولذلك، فإنه في حالة ذرة الأكسجين التي تحتوي على ثمانية إليكترونات، سيكون المدار الأول ممتلئًا، تاركًا الستة إليكترونات المتبقية تشغل المدار الثاني. أما بالنسبة لعنصر الكبريت ذي الستة عشر إليكترونـًا، فإن المدارين الأول والثاني ممتلئان عن آخرهما بالإليكترونات، لتكون الستة إليكترونات الباقية في المدار الثالث.

تمثلت الرؤية الثانية في أن الخصائص الكيميائية للعنصر، وخاصةً القوة التي تربط بين جزيئات هذا العنصر أو ما يُعرف بالتكافؤ (١٨٥٢)، تعتمد على عدد الإليكترونات الموجودة في المدار الخارجي للذرة. على سبيل المثال، إذا كان هناك إليكترون واحد فقط في الذرة. فسيكون العنصر من العناصر القلوية (بمقدار تكافؤ ١)، مثل الليثيوم أو الصوديوم أو البوتاسيوم. أما إذا كان هناك إليكترونان، فسيكون العنصر من المعادن أو الفلزات القلوية. مثل الماغنسيوم والكالسيوم أو السترنشيوم (بمقدار تكافؤ ٢). أما إذا كان عدد الإليكترونات سبعة، فسيكون العنصر مثل الهالوجين (كالكلور والبروم واليود). وإذا كان المدار الخارجي للذرة ممتلئًا باثنين أو ثمانية أو ثمانية عشر من الإليكترونات، فسيصبح العنصر من الغازات النادرة أو النبيلة (خاملة) مثل الهليوم والنيون والأرجون. جدير بالذكر أن مقدار تكافؤ كل

من الكربون والسليكون - باحتوائهما على أربعة إليكترونات في المدار الخارجي لذرتيهما - يبلغ أربعة.

لقد وفر كل ذلك تفسيرًا أساسيًا وشاملاً عن الاتجاهات الزمنية للعناصر المختلفة. فهذه العناصر تعكس ببساطة عملية التعبئة المستمرة لمستويات الطاقة والمدارات داخل الذرة. وبذلك، تكون عملية شرح الجدول الدوري للعناصر قد تمت على يد العالم نيلز بور. فبعد ذلك الوقت بعدة سنوات قليلة، قام العالم الكيميائي الأمريكي لينيوس بولينج باستخدام التفسير نفسه لشرح كيفية ارتباط الذرات مع بعضها البعض لتكوين الجزيئات (١٩٢٨). ← ١٩٢٧

اكتشاف فيرنر هايسنبرج لمبدأ الريبة

١٩٢٦

إن مبدأ الريبة ما هو إلا أحد أنواع تلك الفروع المهتمة بتجميع الحقائق. فكلما ازدادت معرفتك عن شيء ما، قلت معرفتك عن شيء آخر. ولقد نشأت فكرة هذا المبدأ في عام ١٩٢٦ من خلال العقل الخصب للعالم الفيزيائي الألماني فيرنر هايسنبرج، والذي يعد عقله واحدًا من الستة عقول المبدعة خلال فترة العشرينيات من القرن العشرين، حيث استطاع تحديد ماهية علم فيزياء الكم. ولذلك فقد أصبح الأمر من المعتاد أن يُطلق عليه اسم مبدأ الريبة الخاص بالعالم هايسنبرج، بالرغم من تأكده التام من هذا المبدأ.

ذكر العالم هايسنبرج أنه إذا حاول أي شخص قياس سرعة شيء ما بالغ الصغر - الإليكترون على سبيل المثال - بدرجة دقيقة للغاية ، فسيكون مكان الإليكترون في الفضاء مشوشًا. فإذا حاول الشخص نفسه أن يعرف مكان ذلك الإليكترون بقدر الإمكان، فإنه لن يكون متأكدًا من مدى سرعة تحرك ذلك الإليكترون. إذن فمحاولة قياس أي من السرعة أو المكان، ستؤدي إلى اضطراب النظام بأكمله، كما يجعل المقاييس الأخرى أقل مصداقية.

لو تحدثنا بشكل أكثر عمقًا عن ذلك الأمر، سنجد أن مبدأ الريبة يرجع فيما يبدو إلى إحدى الحقائق التي تتعلق بالعالم الكمي؛ فكل شيء يتحرك بكميات معينة من حيث الحجم والطاقة والشحنة الكهربائية والكتلة وهكذا. ويشك بعض علماء الفيزياء في أنه حتى المكان والزمان يمكن تقسيمهما بشكل لانهائي، بالرغم من أن الوحدات البنائية هناك ستبلغ حجمًا صغيرًا للغاية. أما عن أحد الأمور التي تستحوذ على كمية قليلة من الخصائص المصاحبة لأي جسم فتتمثل في

"الفعل". وقد كان أول من وصف "الفعل" هو العالم بيير دي ماوبيرتو في عام ١٧٤٦. ويتساوى ذلك الفعل مع حاصل ضرب كمية التحرك في المسافة – حيث تمثل كمية التحرك حاصل ضرب السرعة في الكتلة. وبالتالي، فإن أصغر وحدة قياسية للفعل تعني أيضًا أصغر وحدة قياسية لحاصل ضرب المسافة في كمية التحرك.

يؤدي مبدأ الريبة إلى التوصل إلى العديد من النتائج الغريبة. فعلى سبيل المثال، لا يمكننا معرفة مكان البروتون أو الإليكترون بدقة متناهية. فإذا اعتقدت مثلاً في أن لديك إليكترونًا ما داخل صندوق ما، فهناك فرصة محدودة في إمكانية وجوده خارج الصندوق. وذلك لأن مكانه مشوش.

منذ أن تم اختراع جهاز القياس، يجب أن نتذكر أن ما نلاحظه لا يعبر عن الطبيعة في حد ذاتها، ولكنه يعبر عن الطبيعة التي تتعرض لطريقتنا في الاستجواب واستكشاف الحقائق.

فيرنر هايسنبرج

مبدأ الريبة للعالم هايسنبرج

يمثل كل من مبدأ الريبة (Δp) في قياس كمية التحرك لجسيم ما مع مبدأ الريبة في قياس مكان الجسيم (Δx) حاصل ضرب Δp في Δx بما يقرب الثابت (h) الخاص بالعالم بلانك. وهناك أيضًا علاقة مشابهة لذلك بخصوص مبدأ الريبة في مقاييس الطاقة (E) والزمن (t) تتمثل في المعادلة التالية:

$$\Delta E \times \Delta t \approx h$$

لثابت بلانك الأبعاد الخاصة بالطاقة مضروبة في الزمن، الأمر الذي يشبه أبعاد كمية التحرك مضروبة في المسافة، ليكون الناتج هو "الفعل" (ماوبيرتو ١٧٤٦).

كذلك، يعادل الفعل حاصل ضرب الطاقة في الزمن. ولذلك، فمبدأ الريبة يحد من دقة القياس المتزامن لكل من الطاقة والزمن. فتحتاج عملية قياس الطاقة بدقة مناسبة إلى فترة

زمنية طويلة. فإذا لم يتوفر لديك الكثير من الوقت للقيام بعملية القياس، فسيكون تقديرك للطاقة تقديرًا عامًا.

هناك نتيجة رائعة ترتبت على ذلك الأمر وتمثلت في "الجسيمات الافتراضية". تظل هذه الجسيمات لمقدار معين من الوقت متحركة بسرعة، فيعتبر أي خطأ ولو كان صغيرًا في قياس طاقة هذه الجسيمات أكبر من الطاقة نفسها. ولذلك، لا نستطيع التأكد من وجود هذه الجسيمات أم لا. فالتصور الحديث عن الفراغ، الذي قال عنه علماء الفيزياء قديمًا إنه مجرد فضاء فارغ، له أهمية كبرى لحركة الجسيمات الافتراضية، التي تكونت ثم دمرت قبل أن نكون قادرين على قياس طاقة هذه الجسيمات وتأكيد وجودها.

بالطبع، لم يتم اكتشاف هذا السلوك الغريب إلا بين الذرات والجسيمات دون الذرية. فعلى مستوى الطبيعة الخاصة بنا، التي تحتوي على العديد من المخلوقات كالفئران والإنسان والجبال والأقمار، يكون كل ذلك ضخمًا في الحجم مقارنةً بثابت بلانك، حيث يبدو كل شيء مرتبًا ومتوقعًا من قبل.

إسهامات نيلز بور في مجال فيزياء الكم

١٩٢٧

قال العالم نيلز بور ذات مرة: "إذا لم تنتابك صدمة بصدد علم فيزياء الكم بعمق، فإنك لم تستطع فهمه كما ينبغي". وبالرغم من صعوبة فهم علم فيزياء الكم في أغلب الأحوال، فإن العالم الدانمركي بور كان قد استطاع التوغل إلى حد عميق في هذه المادة العلمية. ومثل الكثيرين من علماء الفيزياء في جيله، تمت الاستعانة به في صنع القنبلة الذرية في أثناء الحرب العالمية الثانية، ولكنه قاد حملة المعارضة ضد استخدامها في الأغراض العسكرية. وبالرغم من ذلك، تمثل ميراثه العلمي الذي تركه في تلك النظريات التي وضعها في هذا الصدد والتي تظهر غالبًا كشيء مضاد للفطرة المعتادة وخبرة الحياة اليومية.

يعتبر علم فيزياء الكم واحدًا من تلك العلوم التي ظهرت في القرن العشرين. ظهر هذا العلم لأول مرة في عام ١٩٠٠ على يد العالم الفيزيائي المعروف الألماني الجنسية ماكس بلانك الذي اعتقد أن الطاقة تنتقل من مكان لآخر، فقط في كميات صغيرة ودقيقة أطلق عليها اسم "الكم".

وبعد ذلك بعدة سنوات (١٩٠٥)، ربط العالم ألبرت آينشتاين نظريته عن الكم، مع جسيمات الضوء (التي سميت فيما بعد بالفوتون)، ليستحضر بذلك المفهوم القديم الذي مفاده بأن الضوء يجب اعتباره مثل تيار من الجسيمات وليس كسلسلة من الموجات. فبدت الأدلة المتاحة مؤيدة ومناسبة لأفكار آينشتاين.

على الرغم من أن الجملة الصحيحة يكون عكسها جملة خاطئة، ولكن قد يكون عكس الحقيقة العميقة حقيقة عميقة أخرى.

نيلز بور

بعد مرور عقدين من الزمان، اعتقد الفرنسي لويس دي بروجلي أن شعاع الإليكترونات، التي كان يُنظر إليها سابقًا كجسيمات، يمكن اعتبارها أيضًا كموجات. كان ذلك مثالاً لأحد المبادئ التمهيدية لتأسيس علم فيزياء الكم - ازدواجية الجسيمات والموجات. فأشعة الضوء أو الإليكترونات يمكن الاستفادة منها بشكل كبير سواء تم اعتبارها جسيمات أو موجات، طبقًا للظروف المحيطة. وكان هذا يمثل تحولاً كبيرًا عن الرأي القديم الذي ساد في فيزياء القرن التاسع عشر، حيث الاعتقاد في أن الجسيمات لا تزيد عن كونها جسيمات والموجات ليست إلا موجات.

بما أننا لا نستطيع التأكيد على ماهية هذه الأمور تحديدًا، فنحن لا نستطيع أن نصفها باستخدام الطرق القديمة. فوفقًا لمبدأ الريبة للعالم الألماني فيرنر هايسنبرج (١٩٢٦)، كلما عرفنا المزيد من المعلومات عن سرعة الجسيمات مثلاً، قلت تلك المعلومات المتعلقة بمكان هذه الجسيمات. أخذت الحقائق التقليدية تنحسر وتنهار تدريجيًا. كان هايسنبرج منتميًا إلى مجموعة صغيرة من الشباب ذوي العقول الراجحة، الذين استطاعوا في فترة العشرينيات من القرن العشرين أن يروا ما ستكشفه رياضيات علم فيزياء الكم عن علم الفيزياء. وكان من بين هؤلاء العلماء اللامعين العالمين الألمانيين أدوين شرودينجر وماكس بورن بالإضافة إلى العالم الإنجليزي بول ديراك (١٩٢٨).

لكن كان قائد هذه المجموعة من العلماء، العالم الدانمركي نيلز بور. فقبل ذلك بقليل، استعمل هذا العالم بعض الأفكار التي وفرها علم فيزياء الكم لشرح تركيب الذرة (١٩١١)،

كما اطلع على الأصول المكونة للطيف (١٩١٣) وكشف عن السبب وراء نجاح تجميع الجدول الدوري للعناصر (١٩٢٤). ولكن كل هذه الرؤى، بالرغم من عبقريتها، فقد اعتمدت على اعتبار الإليكترونات كجسيمات توجد في أماكن معينة حول الذرة. ولكن هذا النموذج تم استبداله بواسطة نموذج آخر، الأمر الذي يجعلنا غير متأكدين من مسار الإليكترون. ولا حتى من المكان الذي يوجد فيه، ولكن ما نستطيع فعله هو التصريح بدرجة ما من الدقة عن احتمال وجوده في مكان معين. فبدلاً من المدارات الإليكترونية الدقيقة، أصبح لدينا مجموعة متناثرة من الإليكترونات حول نواة الذرة.

بحلول عام ١٩٢٧، قام العالم بور باستنتاج بعض من العوامل الأساسية في أحد المؤتمرات المنعقدة لدراسة موضوعات فيزياء الكم؛ حيث كان يعمل هناك في ذاك الوقت. وكان أحد المفاهيم الأساسية التي تم تناولها هو مفهوم التكامل، أي أن هناك طرقًا مختلفة لتأمل الأحداث أو الظواهر التي تحدث في الطبيعة، تتساوى في مدى صحتها، ومع ذلك لا يمكننا التصريح بكل ثقة عن مدى صحة أي منها. وبعد ذلك ظهر ما يسمى بمبدأ التناظر؛ حيث تنطبق فيزياء الكم على الأشياء الدقيقة للغاية التي ترى عن قرب، ولكن إذا رأينا هذه الأشياء من على بعد كافٍ، فسنجد أننا بحاجة إلى معرفة مقاييس مثل تلك المقاييس التي تم استعمالها من خلال علم الفيزياء التقليدية. وهذا سبب استمرارنا في شئون الحياة اليومية دون القلق على علم فيزياء الكم، تمامًا مثلما نمضي قدمًا في الحياة دون الاهتمام بما تنص عليه نظرية النسبية للعالم آينشتاين (١٩٠٤ و١٩١٥). وفي أغلب الأحوال، يتم الاكتفاء بالنظريات الفيزيائية للعالمين جاليليو ونيوتن.

> **لقد سعينا لتكوين أساس قوي نبدأ منه، ولكننا لم نعثر على شيء بعد. فكلما زادت نسبة تركيزنا، زاد الكون اضطرابًا. فكل الأشياء تتحرك على ما يبدو في إيقاع عنيف وسريع.**
>
> **ماكس بورن**

إن أصعب شيء يمكن أن تتقبله عقول الناس هو مفهوم العالم بور، الذي ينص على أن أمر التوصل إلى ملاحظة ما يمكن أن يؤثر على ما تتم ملاحظته؛ إلا أنه لا يمكن للشخص

الذي يقوم بعملية الملاحظة أن يلتزم فعليًا بالحياد والموضوعية. فبالفعل هناك بعض الأشخاص، الذين يصرحون بعدم وجود أي شيء في عالم الواقع ما لم تتم ملاحظته ورؤيته. وقبل ذلك الوقت، كان كل ما لدينا هو احتمالات غير قائمة على تجارب علمية. والأكثر من ذلك، أن ما يبحث عنه المرء يؤثر على ما يلاحظه. فعند إجراء تجربة لرؤية الموجات. سوف تتم رؤيتها. وعند البحث عن الجسيمات، فإنك ستجدها لا محالة.

بالرغم من غرابة بعض الأفكار العلمية لفيزياء الكم على ما يبدو، فإن هذا العلم يعتبر فعالاً في جميع المجالات المتعلقة به. فهو يسمح للعلماء بحساب كل من التفاعلات التي تحدث بين المادة والطاقة في علم الكيمياء وفي أية مادة علمية أخرى بدقة شديدة. واعترف العالم آينشتاين بتلك الحقيقة، ولذلك كان أول من بدأ صياغة الخطوط العريضة التي أسس عليها علم فيزياء الكم. وبالرغم من ذلك، فإنه لم يتقبل على الإطلاق مفهوم العالم بور ومبدأه الأساسي الخاص بالريبة. لذا، طور آينشتاين أسلوبه الذي يعتمد على إجراء التجارب العلمية بدلاً من الافتراض دون دليل واضح وقوي.

إسهامات فريدريك جريفيث وأوسوالد أفري في علم الأحياء

١٩٢٨

بدأ البحث عن معرفة أسرار علم الوراثة، الذي استمر لمدة عقود عديدة من الزمن، مرحلةً جديدةً في عام ١٩٢٨. أراد عالم الأحياء الأمريكي فريدريك جريفيث فهم كيفية كون بعض أشكال الميكروبات المسببة لمرض الالتهاب الرئوي سببًا في الإصابة بحالات أسوأ من هذا المرض عن غيرها من الأشكال الأخرى من الميكروبات.

عندما استخدم فريدريك جريفيث الميكروسكوب لرؤية هذه الميكروبات، لاحظ أن هناك فرقًا بين أنواعها المختلفة. فالأنواع الخطيرة من هذه الميكروبات تتسم بوجود غلاف خارجي يتكون من جزيئات كثيرة من السكر، حيث أعطتها هذه الجزيئات مظهرًا أملس. بينما لا يوجد لأنواع الميكروبات غير الضارة مثل ذلك الغلاف، كما أنها تعتبر أكثر خشونة في الملمس عن النوع الخطير. كان فريدريك جريفيث يبحث عن لقاح ضد مرض الالتهاب الرئوي، فكان يعمل على تجربة مبادئ تكوين اللقاحات التي وضعها العالم لويس باستور (١٨٨٦). فالشكل الضعيف من الكائن المسبب للإصابة بالمرض يمكن أن يعطي المريض

جرعة بسيطة من المرض، ولكن يمكنه في الوقت نفسه أيضًا أن يمد الجسم بمناعة ضد المرض في مراحله المتقدمة عند مهاجمته للجسم مرةً أخرى.

ظن العالم فريدريك جريفيث أن هناك خليطًا من النوع الخطير من الميكروبات يمكن أن يتم التغلب عليه باستخدام الحرارة، أما النوع الثاني من الميكروبات والذي يتسم بعدم الخطورة، فمن الممكن أن يتم استخدامه في تحضير لقاح فعال. ولكن لسوء الحظ، ماتت الفئران المعملية عندما تم حقنها بذلك الخليط من اللقاح، حيث أصيبت هذه الفئران بالمرض بطريقة ما. السؤال هنا هو كيف يمكن أن يحدث مثل ذلك الأمر؟ ظهرت الإجابة على نحو شديد الوضوح تحت عدسة الميكروسكوب. فالنوع غير الضار من الميكروبات أصبح يتمتع الآن بغلاف خارجي ناعم. ووفقًا لذلك، هناك على ما يبدو عامل تحويلي ساعد على انتقال ذلك الغلاف الخارجي الناعم بما في ذلك الميكروبات الضارة من البكتريا الميتة إلى البكتريا الحية.

كان ذلك العالم مشغولاً بأمور أخرى، ولذلك لم يحاول تعقب ذلك العامل التحويلي. وفي عام ١٩٤٣، اتخذ العالم الكندي أوسوالد أفري وبعض زملائه مناهج أخرى للتفكير في ذلك العامل التحويلي. وفي ذاك الوقت، كان هناك خياران بالنسبة للعامل التحويلي، حيث تم تركيز الاهتمام على نوعين من المركبات الكيميائية، التي ربما تساعد على حمل الصفات الوراثية في صورة إحدى الشفرات.

كان الاختيار الشائع في ذلك الوقت يميل إلى التركيز على نوع ما من البروتينات. فقد كانت هناك سلسلة طويلة من أنواع مختلفة ومتعددة من الأحماض الأمينية، مكونة أبجدية من عشرين حرفًا. أما الاختيار الآخر الحائز على ترشيحات أقل، كان يتركز على الحامض النووي DNA (الحامض النووي الريبي منقوص الأكسجين). ويتكون الحامض النووي أيضًا من سلسلة طويلة من الجزيئات، مكونة أربعة حروف أبجدية فقط. وبالتأكيد، فإن استعمال عشرين حرفًا من الحروف الأبجدية، يعتبر أكثر إفادةً من استعمال أربعة حروف فقط. وسوف يعلمنا عصر الكمبيوتر أن أية كمية من المعلومات يمكن أن تتحول إلى رقمين فقط (صفر و١)، ولكن بمرور الوقت اكتسب ذلك التفسير مزيدًا من التأكيد.

أثبت العالم أفري وزملاؤه أن تلك النظرية خاطئة. فقد رجعوا إلى نوع البكتريا غـ
الضار وكذلك النوع الضار منها ليستخرجوا العامل التحويلي. وباستخدام إنزيمات متعدد
قاموا أولاً بإزالة جميع البروتينات في خلايا البكتريا غير الضارة وخلايا البكتريا الضارة. ـ
قاموا بإزالة الحامض النووي بعد ذلك. وعندما تمت إزالة البروتينات من الخلايا، وجد
أن تحول السلالات غير الضارة إلى سلالات ضارة ما زال يحدث، ولكن دون انتقـ
الحامض النووي من سلالة لأخرى. إذن تم حل لغز هذه المسألة. فمنذ تلك اللحظة تـ
اعتبار الحامض النووي هو المسئول عن انتقال الصفات الوراثية من الآباء إلى الأبناء.

اكتشاف ألكسندر فليمينج للبنسلين

١٩٢٨

غالبًا ما يُشار إلى اكتشاف البنسلين كمثال عن الاكتشافات المفيدة التي حدثت بالصدفة. فمن الممكن أن تلعب الصدفة دورًا في التوصل إلى بعض الاكتشافات. ولكن هذا الأمر يتطلب عينًا خبيرة وعقلاً راجحًا لتحويل الملاحظة التي جاءت من قبيل الصدفة إلى اكتشاف ما.

اهتم العالم الاسكتلندي ألكسندر فليمينج – الذي كان يعمل كطبيب في مستشفى بمدينة لندن، بشكل خاص باكتشاف الوسائل التي تمنع العدوى. فقد أظهرت خبراته التي عاشه في الحرب العالمية الأولى في الخنادق الحربية مدى خطورة العدوى على صحة الجنود. والتي تفوق خطورة الرصاص والقنابل.

حصل ذلك العالم على إجازة في عام ١٩٢٨، تاركًا عدد من الأطباق الزجاجية دون أن يغسلها، حيث كان يجهز فيها في بعض الأحيان بعض الأنواع من البكتريا القاتلة المكورة العنقودية. وعند عودته إلى معمله، لاحظ تكون طبقة ترابية لونها أزرق مائل إلى اللون الأخضر على أحد هذه الأطباق. والشيء المثير بشكل أكبر في هذا الأمر هو خلو البيئة المحيطة بتلك الطبقة الترابية من وجود البكتريا؛ لذا، يبدو أن هناك شيئًا ما يتسلل من هذه الطبقة الترابية ليمنع البكتريا من النمو في تلك المنطقة.

بدا واضحًا أن تلك الطبقة الترابية قد جاءت من خلال التربة الموجودة في أرض الحديقة، حيث دفعها الهواء من خلال النافذة المفتوحة. تعرف العالم فليمينج على الفطر الموجود من خلال تلك الطبقة الترابية، وأسماه "البنسليوم"، لذلك أطلق على المادة القاتلة

للبكتريا التي يفرزها ذلك الفطر اسم "البنسلين". إلا أن الأدلة المتعلقة بالفائدة القصوى التي يمكن الحصول عليها من خلال استعمال ذلك الفطر، لم تكن كاملة بعد. أعرب العالم فليمينج عن صعوبة واضطراب عملية تحضير تلك المادة من فطر البنسليوم. فلكونه طبيبًا، لم يكن الأمر مناسبًا بالنسبة له للقيام بذلك الأمر وحده. ولذلك بعد سنوات قليلة، ترك الأمر كله وراء ظهره.

بعد مرور عقد كامل، قام العالم الكيميائي الألماني أرنست تشين الذي عمل في جامعة أكسفورد بالاشتراك مع العالم الأسترالي هاوارد فلوري في إعداد تقرير عن اكتشاف فليمينج. وقرر كلاهما أن يجدا طريقة لإنتاج البنسلين بكميات ضخمة. استطاع العلماء استخدام البنسلين في معالجة الإصابات البكترية في الفئران، ثم معالجتها بعد ذلك في معالجة المرضى من البشر. وبحلول نهاية الحرب العالمية الثانية، تم استخدام البنسلين لإنقاذ حياة الجنود الجرحى في المعارك. وقد كان يتم إنتاج حوالي نصف طن من البنسلين كل شهر في ذلك الوقت. وقد تشارك ثلاثة علماء هم: فليمينج وفلوري وتشين في الحصول على جائزة نوبل للطب في عام ١٩٤٥.

كان البنسلين أول أنواع المضادات الحيوية التي تم استعمالها. بعد ذلك، تم بعدها استخدام أنواع أخرى من الفطريات لإنتاج أدوية أخرى مثل الستربتوميسين. فبالإضافة إلى عقاقير السلفا التي كانت شائعة الاستعمال قبل إنتاج البنسلين بكميات كبيرة (١٩٣٢)، فقد أتاح البنسلين والمركبات المشابهة له للأطباء أساليب علاجية جديدة وفعالة ضد أشكال العدوى الخطيرة. ولكن لسوء الحظ، ظهرت بعد سنوات قليلة أنواع من البكتريا التي لا تتأثر ولا تموت بواسطة استعمال هذه الأدوية والمركبات المدهشة. وكانت مقاومة تلك الأنواع من البكتريا للدواء أحد الأمثلة غير المرغوب فيها لنظرية العالم داروين عن الانتخاب الطبيعي.

إسهامات لينيوس بولينج في مجال علم الكيمياء



استطاع العالم الكيميائي الأمريكي لينيوس بولينج أن يحصل على جائزتي نوبل، وهو الأمر الذي نادرًا ما يحدث. فكلتا الجائزتين لم تكونا من أجل إسهاماته في مجال العلوم فقط، كما حدث مع العالمة ماري كوري. فقد حاز

ذلك العالم على جائزة نوبل في الكيمياء والجائزة الأخرى من أجل إسهاماته في السلام العالمي. الجدير بالذكر هنا أن حصوله على الجائزة الثانية أثار قدرًا كبيرًا من الجدل. فقد كان ذلك العالم مهتمًا بالشئون السياسية بدرجة كبيرة، حيث كان يعارض بقوة اختبار الأسلحة النووية في بقاع شتى من العالم، كما اعترض على تورط الولايات المتحدة الأمريكية في حرب فيتنام خلال فترة السبعينيات من القرن العشرين. وبجانب كل تلك الأمور، كان هذا العالم غزير الإنتاج في علم الكيمياء وفي مجالات مختلفة عديدة؛ حيث قدم إسهامات كبرى في معرفة البروتينات إلى أن توصل في النهاية إلى تركيب الحامض النووي DNA (١٩٥٣). ولكن سمعته اهتزت قليلاً عند دفاعه عن المبدأ الذي مفاده أن تناول جرعات كبيرة من فيتامين (ج) يقي من نزلات البرد (١٩٠٦).

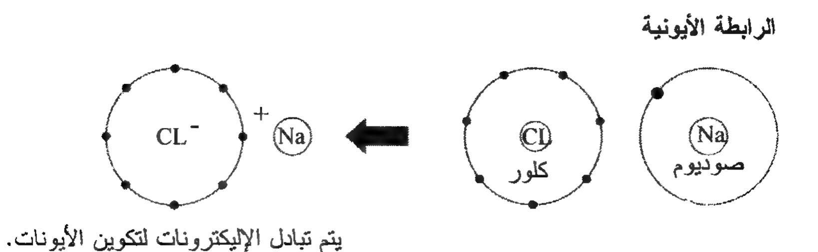
في بدايات عمله، تولى العالم بولينج مسئولية الإجابة عن أحد أقدم الأسئلة في تاريخ العلوم والمتمثل في: "ما الذي يربط بين الجزيئات بعضها البعض في المركبات الكيميائية؟" وقبل ذلك بقرن كامل من الزمان، اعتقد عالم الكيمياء السويدي جونس برزيليوس (١٨١٤) أن كل جزيء له شحنات موجبة وسالبة وأن عملية التبادل المزدوج بينها تعمل على الترابط بين الجزيئات وبعضها. وكان ذلك التفسير ملائمًا بشدة للمركبات التي نطلق عليها المركبات الأيونية، وهي التي تنقل التيارات الكهربية وتعمل على توصيلها عندما تتم إذابتها أو تحليلها. وقد شملت هذه المركبات الأحماض والقلويات والأملاح، ولكنها لم تشمل الماء نفسه، كما لم تشتمل أيضًا على عدد هائل من المركبات العضوية. فتلك النظرية لم تشرح كيفية قيام ذرتين من الأكسجين أو النيتروجين بتكوين جزيء واحد متماسك. لقد تسببت كل هذه النتائج في رفض العالم برزيليوس لفرضية أفوجادرو (١٨١١) ليتخلف بذلك علم الكيمياء خمسين عامًا.

لكن يكمن لب الإجابة عن هذا السؤال في الإليكترونات، التي لم يكن العالم برزيليوس على دراية بها. قام العالمان أرنست رذرفورد ونيلز بور بتمهيد الطريق للإجابة عن السؤال عن طريق تصورهما للذرات التي تحتوي على إليكترونات (١٩١١). استطاع العالم بولينج أن يعرف حقيقة تبادل الإليكترونات وانتقالها بالفعل داخل المركبات الأيونية مثل ملح الطعام (كلوريد الصوديوم). فذرة الصوديوم تعطي إليكترونًا واحدًا إلى ذرة الكلور، ولذلك تصبح ذرة

الصوديوم في ذلك الوقت موجبة وذرة الكلور سالبة. وكان من الواضح أن ذلك لم يتحقق في جزيئات الماء أو الهيدروجين أو حتى في العديد من المركبات الكيميائية الأخرى. وقد سعى العالم بولينج وراء الفكرة التي مفادها أن الإليكترونات في هذه المركبات يتم تشاركها معًا. جدير بالذكر أن بعض العلماء الآخرين - مثل العالم جيلبرت لويس - قد تصوروا الفكرة نفسها، ولكن العالم بولينج خاض في تفاصيل هذه الفكرة.

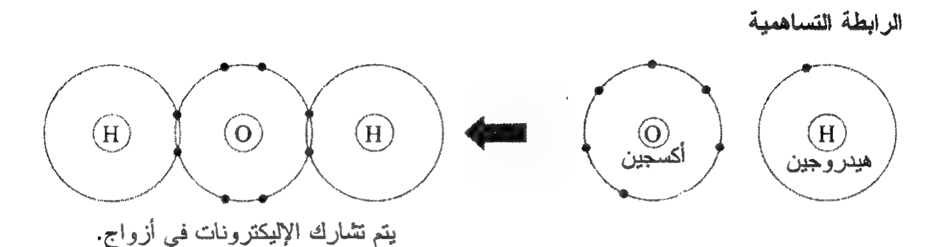
> **إن العلم يمثل البحث عن الحقيقة. فهو ليس لعبة يحاول بها الشخص أن يهزم منافسه أو يؤذي بها غيره من البشر.**
>
> **لينيوس بولينج**

الرابطة الأيونية



يتم تبادل الإليكترونات لتكوين الأيونات.

الرابطة التساهمية



يتم تشارك الإليكترونات في أزواج.

تعتمد طريقة عمل معظم الروابط لربط الجزيئات مع بعضها البعض على الإليكترونات. ففي المثال الأول، تفقد ذرة الصوديوم إليكترونًا خارجيًا لكي يتم إعطاؤه إلى ذرة الكلور، التي يمتلئ مدارها الخارجي بثمانية إليكترونات. بعد ذلك، تتجاذب الشحنات الموجبة والسالبة من أجل تكوين جزيئات مركب كلوريد الصوديوم المتأين (الملح). ويمكن لهذه الأيونات أن تنفصل، حيث إنه إذا تمت إذابة الملح في الماء، فإن السائل الناتج سيكون موصلاً للكهرباء.

في حالة مركب الماء، تحتاج ذرتا الهيدروجين وذرة الأكسجين إلى مدار خارجي كامل مكون من إليكترونين في ذرة الهيدروجين وثمانية إليكترونات في ذرة الأكسجين، حيث تحدث هذه الحالة بواسطة المشاركة في أزواج من الإليكترونات. يشكل كل زوج من الإليكترونات رابطة تساهمية. ولا تتحلل المركبات التساهمية أو تتفكك، كما أنها ضعيفة التوصيل للكهرباء أو أنها لا توصل الكهرباء على الإطلاق.

ترجع الفكرة الأساسية إلى العالم نيلز بور (١٩١٣) حيث إنها شبيهة بما سبق. ففي أثناء عملية ترابط الذرات مع ذرات أخرى من أجل تكوين مركبات عديدة، تحاول تلك الذرات أن تصل إلى ترتيب ثابت للإليكترونات التي تدور حول نواة الذرة. ويكون الحل الأفضل في هذه الحالة هو أن تملأ الذرات مدارات الإليكترونات الخارجية بإليكترونين أو ثمانية إليكترونات. فذرة الهيدروجين تحتوي على إليكترون واحد فقط. وفي جزيء الهيدروجين، يمكن لذرتين من الهيدروجين أن يتشاركا مع بعضهما البعض في إليكترونين، وهذا يمكن تسميته بأحد أنواع المشاركة الوقتية.

في حالة مركب الماء، تساهم كل ذرة هيدروجين بإليكترون واحد، ويمكن لذرة الأكسجين أن تساهم بستة إليكترونات. ويتيح ذلك لكل ذرة هيدروجين أن يتوفر لديها إليكترونان، وأن يتوفر لذرة الأكسجين ثمانية إليكترونات. لذلك، فكل من ذرة الهيدروجين وذرة الأكسجين لهما مدارات ممتلئة، مما يؤدي إلى استقرار حركة هذه الذرات. والشكل السابق يوضح ذلك الأمر.

لقد أصبح لدينا الآن تفسير للمفهوم الأساسي للتكافؤ أو القوى الكيميائية الرابطة بين جزيئات العناصر المختلفة (١٨٥٢). فيؤدي تكافؤ من الدرجة الثانية إلى ارتباط ذرة أكسجين بذرتين هيدروجين (كما في جزيء الماء H_2O). وتستحوذ كل رابطة من هذه الروابط على زوج مشترك من الإليكترونات. أما عنصر النيتروجين فيحتاج إلى ثلاث إليكترونات لكي يحتوي المدار الخارجي لذرته على ثمانية إليكترونات. وهكذا، يمكن للنيتروجين تأسيس ثلاث روابط مشتركة مع الهيدروجين، ليصل إلى تكافؤ من الدرجة الثالثة وتتكون مركبات أخرى مثل مركب النشادر (NH_3). وبالنسبة للكربون، فإنه يحتاج إلى أربعة إليكترونات لكي يكتمل مداره بثمانية إليكترونات، وهكذا يرتبط بأربع ذرات هيدروجين ليتكون مركب آخر هو الميثان (CH_4). أطلق العالم بولينج على هذه الروابط الشائعة بين الذرات داخل

المركبات الكيميائية اسم الروابط التساهمية. وقام بوضع التفاصيل كافة الخاصة بتلك الروابط في كتابه The Shared Electron Chemical Bond في عام ١٩٢٨. وقد أكسبه هذا الكتاب سمعة كبيرة، كما دفع علم الكيمياء خطوات كبيرة للأمام.

إسهامات بول ديراك في اكتشاف البوزترون

١٩٢٨

كان العالم بول ديراك - الإنجليزي المولد من أب سويسري - قد حقق مكانة علمية كبيرة مكنته من الوصول إلى درجة أستاذ في مادة الرياضيات في جامعة كامبريدج لما يقرب من أربعين عامًا. جدير بالذكر أن هذا المنصب قد تولاه العالم إسحاق نيوتن من قبل.

اتسمت شخصية ديراك بالاختصار والإيجاز في التعبير عن آرائه بشدة. لم يكن ديراك يعمل في مجال إجراء التجارب، بل كان يفضل العمل بالورقة والقلم وإجراء المعادلات الرياضية للتنبؤ بما يبحث عنه المتخصصون في المعامل. وقد تمثل أحد أشهر هذه التنبؤات في تنبؤه بوجود الإليكترون موجب الشحنة. وفي حوالي عام ١٩٢٨، لخص العالم ديراك الفهم المعاصر للإليكترون بواسطة ربط المعادلات من الفكرتين الرئيسيتين لعلم الفيزياء في ذلك الوقت الذي عاش فيه، وهما متعلقتان بفيزياء الكم (١٩٢٧) والنظرية النسبية الخاصة (١٩٠٥). لاحظ هذا العالم في عام ١٩٣١ أنه إذا صحت معادلاته، فإن الإليكترون يجب أن تكون له صورة مرآوية، وهي الصورة المعكوسة التي تظهر في المرآة. واعتقد أن جسيم الصورة المرآوية للإليكترون من الممكن أن يكون موجب الشحنة بدلاً من أن يكون سالب الشحنة، ولذلك أسماه البوزترون.

تعاقبت بعد ذلك المزيد من التنبؤات المذهلة. فالبوزترون يمكن اعتباره مضادًا للإليكترون، فإذا ما حدث تصادم بين البوزترون والإليكترون، فإنهما سيدمران بعضهما البعض، وسيختفي كلاهما في صورة وميض من الطاقة. وإذا استرجعنا ذاكرتنا، فسنجد أن الطاقة يمكن أن تتحول إلى مادة مرةً أخرى مكونةً زوج من الجسيمات المرآوية. ولذلك، فإنه في ظل ظروف معينة يمكن أن يتم إنتاج البوزترون والإليكترون في الوقت نفسه، ليكونا بذلك مثالاً على عملية إنتاج زوجي.

كل هذه العمليات كانت عبارة عن عمليات حسابية، ولكنها أثبتت صحتها بدرجة عالية. ففي عام ١٩٣٢، عندما كان يتم تصوير مسارات الأشعة الكونية (مصدر الطاقة الوحيد الكافي لإتمام عملية الإنتاج الزوجي)، اكتشف العالم الأمريكي كارل أندرسون بعض العلامات بلون مغاير التي ربما تكون قد سببتها الإليكترونات، ولكنها انحرفت فضلت طريقها عندما مرت خلال مجال مغناطيسي. لقد كانت هذه العلامات هي البوزترونات. فبعد ذلك بفترة وجيزة، صور العالم الإنجليزي باتريك بلاكيت (معمل كافندش **١٩٣٢**) عملية الإنتاج الزوجي كما تحدث، مع ظهور مسارين انبثقا فجأة من العدم وانحرفا في اتجاهات مضادة، تمامًا كما تنبأ العالم ديراك.

لقد بدا الآن واضحًا أن لكل الجسيمات جسيمات مضادة. فمضاد البروتون، على سبيل المثال، يحمل شحنة سالبة، ولكنه لم يتم اكتشافه إلا في عام ١٩٥٢. لقد أصبح بإمكاننا الآن تصور جميع المواد المضادة. فإذا تم وضع المادة والمادة المضادة لها معًا، فإنه لن يتبقى شيء سوى الطاقة الناتجة عن تلاشي كلتا المادتين.

> **من المهم أن تحتوي معادلاتك الرياضية على قدر كبير من الترتيب والنظام أكثر من محاولة تعديلها لكي تتطابق مع التجربة.**
>
> **بول ديراك**

إسهامات أدوين هابل في مجال دراسة الكون

١٩٢٩

توصل عالم الفلك الأمريكي أدوين هابل إلى تقديم أول صورة واضحة للكيفية التي توجد عليها كل من الأرض والشمس في ذلك الترتيب واسع النطاق للكون. فقد أظهر آخرون من قبله أن الشمس ما هي إلا نجم واحد بين مليارات النجوم في مجرة "درب التبانة". وفي عام **١٩٢٤**، كشف أدوين هابل النقاب عن كون مجرتنا مجرد مجرة واحدة بين الكثير من المجرات الأخرى - ربما الملايين من المجرات - المتناثرة في الفضاء الخارجي، والتي تفصل فيما بينها مسافات تبلغ على الأقل ثلاثين مرة ضعف حجم المجرات نفسها.

في عام ١٩٢٩، توصل أدوين هابل إلى المزيد من المعلومات في هذا الصدد؛ حيث صرح أن المجرات تتحرك باستمرار. فبالاعتماد على ظاهرة دوبلر عن الضوء (١٨٤٢)، أثبت علماء الفضاء — مثل فيستو سليفر — أن معظم المجرات تتراجع عن مجرة درب التبانة (١٩١٢). ولكن أقرب هذه المجرات لمجرة درب التبانة هي مجرة الآندروميدا، التي تقترب منها على نحو أكثر. وبشكل منظم، استهدف العالم أدوين هابل معرفة سرعة حدوث هذا التراجع، وذلك من خلال تسجيل الزحزحة الحمراء للمجرة، حيث يتم تحديد بُعدَها عن باقي المجرات عن طريق دراسة المتغيرات الدورية (ليفت ١٩١٢). عثر هابل بعد ذلك على علاقة بسيطة ولكنها مدهشة؛ فكلما كانت المجرة أبعد عن مجرتنا، زادت سرعة ابتعادها عن مجرتنا. وأصبحت العلاقة القائمة بين السرعة والمسافة تُعرف باسم ثابت هابل.

لقد كانت النتيجة النهائية لكل هذه الحقائق غاية في الوضوح. فنحن نحيا في كون يزداد اتساعًا بشكل مستمر. فقد أظهر هابل أن المجرات التي تبعد عن مجرة درب التبانة بمقدار ١٣٥ مليون سنة ضوئية تجري بسرعة ٢٠ ألف كيلو متر في الثانية. ومنذ عقود قليلة مضت، كان هذان الرقمان يعتبران من ضروب الخيال. إذا لم يتدخل أي شيء في تلك العملية، فستتسع المسافات الفاصلة بين المجرات بمرور الوقت. وعلى النقيض من ذلك، لا بد أنه كان هناك وقت في الماضي كانت فيه كل هذه المجرات قريبة للغاية من بعضها.

ثابت هابل (H)

يوضح هذا الرقم معدل اتساع الكون، حيث تبعد المجرات البعيدة عن مجرتنا بشكل أسرع من حركة المجرات القريبة منها. وتظهر المقاييس الحديثة باستخدام هذا الثابت (H) أن سرعة التراجع تزداد بحوالي ١٨ كيلو مترًا في الثانية لكل مليون سنة ضوئية إضافية في المسافة. وبالتالي، فالمجرات والنجوم البعيدة التي تبعد عنا بحوالي ١٢ بليون سنة ضوئية تبتعد عنا بسرعة تقترب من سرعة الضوء. تحدد هذه المسافة حافة الكون، كما توضح الوقت المنقضي منذ حدوث الانفجار الكوني العظيم.

إن ذلك الأمر يضفي على ثابت هابل أهمية جديدة. فالنظر إلى الفضاء يعني الرجوع إلى الوراء من حيث الزمن. فنحن نرى الشمس ليست كما تبدو في اللحظة نفسها التي نراها فيها، بل نراها منذ ثمانية دقائق مضت، حيث إن ضوءها يستغرق ثماني دقائق لاختراق الفضاء والوصول إلى الأرض. كما يستغرق الضوء الذي نراه من أقرب النجوم إلى الأرض مسافة أربع سنوات، أما الضوء الذي نراه آتيًا من مجرة الآندروميدا فيستغرق مليوني سنة. ولذلك، تمثل أبعد مجرات يمكن رؤيتها أقدم الأحداث التي لا نعلم عنها شيئـًا.

يعتمد الرجوع إلى الوراء في الزمن على مدى بعد هذه الأجسام التي نتعقبها عن الأرض ؛ أي يعتمد ذلك على معدل اتساع الكون وفقًا لثابت هابل. وبالتالي، فإنه إذا تمت مراعاة كل هذه الحقائق معًا، فسيتم التعرف على عمر الكون كله وكذلك حجمه ومعدل نموه. فالعثور على القيمة الدقيقة لهذا الرقم المهم قد مثل تحديًا خلال الستين عامًا التي تلت تلك الفترة (١٩٩٢).

إسهامات فولفجانج باولي في مجال اكتشاف العناصر

١٩٣٢

بحلول الثلاثينيات من القرن العشرين، كان علماء الفيزياء يقومون بدراسة الأشعة المنبعثة من العناصر المشعة على مدار ثلاثة عقود. فجسيمات بيتا، التي كانت كتيار متدفق من الإليكترونات (النشاط الإشعاعي ١٨٩٩)، كانت تنتقل بمعدلات مختلفة وواسعة النطاق من السرعة. وفي الحقيقة، يبدو أن هذه الأشعة تستطيع

الحركة بأية سرعة ممكنة. وفي عصر فيزياء الكم، يمثل ذلك الأمر مشكلةً كبيرة. أما بالنسبة للفلسفة الجديدة التي يتم اتباعها حاليًا، فكل الأشياء التي يحتوي عليها عالم الذرة الصغير جدًا، بما فيها طاقة الجسيمات (وبالتالي سرعتها أيضًا)، توجد في مجموعات ذات حجم معين، فالنطاق المستمر لا يُسمح به ببساطة.

استطاع عالم الفيزياء الألماني فولفجانج باولي تقديم الحل لهذه المشكلة المعقدة، حيث تميز عقله بالذكاء المتقد الذي دفعه قبل ذلك إلى اكتشاف القاعدة التي مفادها عدم وجود أكثر من إليكترونين في مكان واحد (١٩٢٥). وكانت جرعات الطاقة التي أطلقت جسيمات بيتا من ذرات مشعة بالفعل ذات أحجام معينة، وفقًا لمستويات الطاقة المسموح بها، ولكن الإليكترون قد تخلص بالفعل من جزء منها. أما الباقي فقد تم التخلص منه من جانب شيء آخر لم تستطع أجهزة تعقب الأشعة المتجمعة حول الذرات المشعة) تسجيله.

المثير في ذلك الأمر هو أنه ربما تكون الجسيمات الأخرى غير حاملة لأية شحنة كهربائية ولا لكتلة ولا حتى يكون لديها إمكانية التفاعل مع المواد الأخرى. فقد لا يكون ثمة تأثير لوجودها. أطلق العالم باولي على ذلك الجسيم الذي توقع وجوده قبل اكتشافه فعليًا اسم "الجسيم الصغير المحايد"، ولكن أطلق عليه عالم الفيزياء الإيطالي أنريكو فيرمي اسم نيوترينو.

بالفعل كان النيوترينو دائم الانزلاق. ولكن لم يتم إثبات وجوده قبل حلول عام ١٩٥٥، حيث تم العثور عليه في مخلفات أحد المفاعلات النووية في عام ١٩٥٥.

> **لا أعترض على بطء عملية التفكير، ولكنني أعترض علي التسرع في نشر الأفكار قبل التفكير فيها.**
>
> **فولفجانج باولي**

لم يعط هذا المفهوم الأولي كتلة للنيوترينو، ولكن أصبح الباحثون فيما بعد غير متأكدين من ذلك الأمر. فحتى إذا كانت للنيوترينو كتلة شديدة الصغر، فإن عدد النيوترينوات سيكون أكثر بكثير من عدد الذرات لدرجة أنه سيشكل جزءًا كبيرًا من الكتلة الكلية للكون.

لقد تسبب ذلك الأمر في جعل النيوترينوات من الأسباب الأولى وراء تفسير غموض الكتلة الناقصة للكون، بمجرد معرفتنا بأن هذه الكتلة مفقودة (زويكي ١٩٣٦).

إسهامات كارل جانسكاي في مجال الاتصالات اللاسلكية

١٩٣٢

ساهمت الصدفة مساهمة كبرى في مظاهر التقدم الأساسية التي حدثت في العلوم الخاصة بالقرن العشرين، وخاصة في مجال الفلك. ففي عام ١٩٣٢، كان كارل جانسكاي يعمل كمهندس في شركة تليفون في الولايات المتحدة الأمريكية. وكان جهاز اللاسلكي الخاص بهذه الشركة يربط بين بلاد كثيرة عبر المحيطين الأطلنطي والهادىء حاملاً رسائل التلغراف والمكالمات التليفونية. ولكن كلتا الوسيلتين كانتا مصابتين بالتشويش الذي أحاط بقدر كبير من أجزاء الشركة، لتصبح الرسائل نتيجة لذلك غير مفهومة، كما كانت هناك صعوبة كبيرة في فهم المكالمات التليفونية بسبب ذلك التشويش. ولذلك، تم تكليف العالم جانسكاي بمهمة تحسين الإشارات اللاسلكية الخاصة بالشركة.

قام العالم جانسكاي ببناء هوائي ضخم لاستقبال الإشارات اللاسلكية، فوق رصيف دائري في إحدى محطات ولاية نيو جيرسي. وصمم ذلك الجهاز بطريقة تسمح بدورانه في جميع الاتجاهات حتى يتسنى له تجميع مصدر تلك التدخلات المسببة للتشويش. فمن المصادر الواضحة لهذا التشويش، العواصف الرعدية وأجهزة الإرسال الأخرى والأجهزة الكهربائية المزعجة في المصانع وكذلك الطائرات. وبالرغم من ذلك، كانت هناك إشارات ضعيفة باقية، بدت وكأنها تأتي من العدم.

خلال فترات معينة من اليوم، كانت هذه الإشارات مجهولة المصدر تزداد قوتها بين الحين والآخر. فاعتقد جانسكاي أن هذه الإشارات مصدرها الشمس. ولكن لم يؤثر كسوف الشمس على تلك الإشارات. وعلى أية حال، فقد بدا أن مصدر هذه الإشارات يظهر في الأفق كل يوم مبكرًا عن اليوم السابق بمعدل أربع دقائق. ولذلك، تسبق هذه الإشارات الشمس بمقدار ساعتين في الشهر. لقد دل ذلك على أن هناك شيئًا ما بين النجوم يتسبب في حدوث هذه المشكلة. وبعد ذلك بقليل، وجد العالم جانسكاي أن التشويش يزداد قوة،

عندما تكون مجرة درب التبانة بنجومها العديدة عند أعلى نقطة لها، خاصةً عند موضع الجزء السميك والعريض في مجموعة نجوم برج القوس. لقد كان ذلك دليلاً آخر على أن الأجرام السماوية لا ينبعث منها ضوء فقط، وإنما ينبعث منها أيضًا موجات لاسلكية.

اتضح بعدها أن ذلك الأمر لم يمثل أية أهمية تذكر بالنسبة للشركة التي كان يعمل بها جانسكاي. ويرجع ذلك إلى صعوبة اتخاذ أي إجراءات ضد هذا التشويش القادم من الفضاء. كما أغلقت الشركة باب مناقشة ذلك الموضوع، وتم تكليف جانسكاي بمهام أخرى. وبعد قيام العالم جانسكاي بنشر نتائجه التي توصل إليها في الصحف العلمية، تصدرت أفكاره الصفحات الأولى لصحيفة نيويورك تايمز في عام ١٩٣٣. فاضطر ذلك العالم إلى التخلي عن الاقتراحات التي مفادها أن الأجرام السماوية الواقعة خارج نطاق الأرض هي التي كانت تبعث بتلك الرسائل.

أبدى علماء الفلك القليل من الاهتمام بذلك الأمر، كما أنهم رفضوا ذلك الاقتراح الذي مفاده أن الموجات اللاسلكية قد تكون قادمة من مجرة درب التبانة. ولكن ما سبب حدوث هذه الموجات؟ لم تتم متابعة هذا الموضوع بعد ذلك إلا على يد خبير الأشعة اللاسلكية جروت ريبر الذي أنشأ أول تليسكوب خاص به في حديقة منزله لرصد الموجات اللاسلكية ورسم الخرائط الأولى عن قوة الضجيج الذي تحدثه هذه الموجات عبر السماء في حوالي عام ١٩٣٧. ولكن، تجاهل مجتمع العلوم الفلكية ذلك الأمر للمرة الثانية. إلا أن الاكتشافات التي تم التوصل إليها في أثناء اندلاع الحرب العالمية الثانية تسببت في تغيير ذلك الموقف إلى نقيضه تمامًا (نظرية الانفجار الكوني العظيم ١٩٥٠).

قام شخصان آخران في الشركة نفسها التي كان يعمل فيها جانسكاي في عام ١٩٦٥ بتتبع مساره بصدد هذا الاكتشاف، وتوصلا إلى أن الموجات اللاسلكية تأتي من منطقة أبعد بكثير من مجرة درب التبانة.

عام العجائب في معمل كافندش

١٩٣٢

إن العام الذي يحدث من خلاله العديد من الأشياء المذهلة أحيانًا ما يسمى بعام المعجزات. ويمكن القول إن ذلك ينطبق تمامًا على عام ١٩٣٢ في معمل كافندش الذي يوجد في كامبريدج. ففي ظل قيادة العالم النيوزيلندي النشيط أرنست رذرفورد، الذي تولى إدارة هذا المعمل بعد العالم جوزيف جون طومسون عام ١٩١٩، اجتمعت مجموعة قديرة من الفيزيائيين والفنيين النابغين - كان أكثرهم من الشباب - في أعقاب الحرب العالمية الأولى، ليكرسوا كل أوقاتهم من أجل دراسة العلوم الحديثة، وخاصةً الفيزياء النووية، التي حلت مكان الفيزياء الذرية، كأحد فروع دراسة الأشياء الدقيقة للغاية. وفي عام ١٩٣٢، تم التوصل إلى ثلاثة اكتشافات كبرى في معمل كافندش، حيث حصل كل من ساهم في هذه الاكتشافات على جائزة نوبل. فقد استطاعت هذه الاكتشافات تغيير اتجاه علم الفيزياء. جدير بالذكر أن اثنين من العلماء على الأقل أوضحا تأثرهما بالعالم أرنست رذرفورد.

في عام ١٩٢٠، أعرب العالم رذرفورد عن الفكرة التي مفادها أن الجسيمات غير الحاملة للشحنات الكهربائية تندمج مع البروتونات لتُكوِّن نواة الذرة. وفي عام ١٩٣٢، عثر مساعده ونائبه جيمس تشادويك على هذه النيوترونات بعد عشر سنوات من العمل المرهق. فعندما اصطدمت نواة عنصر البريليوم الفلزي الخفيف بجسيمات ألفا، انطلق إشعاع نفاذ قوي اعتبره باحثون آخرون أنه أشعة جاما (النشاط الإشعاعي ١٨٩٩). أجرى العالم تشادويك بعض الاختبارات واكتشف أن هذه الأشعة ما هي إلا النيوترونات التي طال أمد البحث عنها. وبما أننا نتناول البحث في العقد الذي تلا تلك الفترة، فقد لعبت النيوترونات دورًا مهمًا في التفاعلات التي تحدث داخل القنبلة الذرية (الانشطار النووي ١٩٣٨)، كما أن العالم تشادويك نفسه كان له دور رئيسي في مشروع مانهاتن، الذي تسبب في إنتاج أول الأسلحة الذرية.

في العام نفسه، أثمرت اقتراحات العالم رذرفورد؛ حيث إنه افترض من قبل أن الجسيمات السريعة بالفعل مثل البروتونات يمكن أن تنقسم إلى ذرات بكفاءة أعلى من جسيمات ألفا، بل وربما تكشف البروتونات العديد من الأسرار الأخرى. قام الإنجليزي

جون كوككروفت وزميله الأيرلندي أرنست والتون بابتكار آلة لإطلاق هذه الجسيمات. واستمر كلاهما في تقسيم نوى ذرات الكثير من العناصر المختلفة، مما أسفر عن تطاير جسيمات ألفا بالإضافة إلى جزيئات أخرى تؤكد محتويات النواة داخل الذرات المختلفة. لقد أُطلق على هذه التجربة المحاولة الأولى لانشطار الذرة، بالرغم من ادعاء العالم رذرفورد بأنه أول من قام بفعل ذلك الأمر في عام ١٩١٩. وبالتأكيد كان هذا جزءًا من طفرة علمية كبيرة في الفيزياء، لاستبدال الآلات الموجودة في ذلك الوقت بالآلات التي تعتمد على الهندسة الكهربائية أكثر من اعتمادها على التشغيل اليدوي التقليدي.

يرجع الفضل في الإنجاز الثالث لمعمل كافندش في عام ١٩٣٢ إلى العالم باتريك بلاكيت، الذي كانت لديه أفكار متشددة في مجال السياسة فضلاً عن مستقبله العلمي الكبير في السنوات التالية لذلك العام. برع ذلك العالم في استخدام آلة "الغرفة السحابية" (ولسون وجايجر ١٩١٢)، التي أوضحت بشكل مرئي المسارات التي تتبعها جزيئات المادة عند تفتتها، مثل هذه الجزيئات التي ظهرت في محاولة العالم رذرفورد لإثبات مدى صحة علم الكيمياء القديمة في عام ١٩١٩. بعد ذلك، تبنى بلاكيت هذه الأساليب لتصوير مسارات الأشعة الكونية - تلك الجسيمات النشطة القادمة من الفضاء (هس ١٩١٢). فقبل اختراع تلك الآلات وغيرها، كانت الأشعة الكونية تمثل أكثر الجسيمات النشطة المتاحة للدراسة. فبعض هذه الأشعة كانت به طاقة كافية لتكوين جسيمات جديدة من العدم، مثلما حدث مع أزواج الإليكترون والبوزترون التي تنبأ بإنتاجها العالم بول ديراك (١٩٢٨). لقد أظهرت بعض صور العالم بلاكيت اللحظة التي تحدث فيها عملية التكوين، حيث تنحرف مسارات الجسيمين في اتجاهين متضادين.

إسهامات تشارلز ريختر في مجال دراسة الزلازل

١٩٣٥

عندما يحدث زلزال في أي وقت، يتمثل أول سؤال في الاستفسار عن مدى قوة ذلك الزلزال. من الطبيعي أن يكون طرح السؤال أمرًا سهلاً، ولكن الإجابة ليست سهلة بمثل هذا القدر. فعند سؤالك عن مدى الدمار الذي أحدثه الزلزال أو عن مقدار الهزة الأرضية التي حدثت، فإنك بذلك تسأل عن مدى شدة الزلزال وفقًا لمقياس مركلي (نسبةً لعالم الجيولوجيا الإيطالي). ويتشابه ذلك الأمر مع

سؤالك عن مدى قوة الإشارة التي تبثها محطة الراديو في المكان الذي تستمع فيه. ويعني تسجيل القراءة عند رقم ١ أن الزلزال ضعيف وأنه لم يشعر به أحد تقريبًا، بالكاد استطاعت الأجهزة تسجيله. بينما تبين قراءة الرقم ١٠ أن الزلزال يؤدي إلى الدمار بشكل كلي.

الأمر الأكثر أهمية بالنسبة للزلزال هو التعرف على مقياس شدة الزلزال؛ أي كمية الطاقة المنطلقة منه في مركزه وكمية الصخور التي تحركت. لقد استطاع مقياس ريختر الذي أنشأه العالم الأمريكي تشارلز ريختر في عام ١٩٣٥ التعرف على كل ذلك. ففي بداية الأمر، تم تطبيق هذا المقياس على الزلازل الواقعة فقط في جنوب ولاية كاليفورنيا بالقرب من لوس أنجليس (حيث يكثر وقوع الزلزال)، وهو مكان عمل ذلك العالم في ذلك الوقت. أما الآن، فقد تم استعمال هذا المقياس في العالم كله، وأصبح اسم العالم ريختر جزءًا من لغتنا اليومية.

تختلف الزلازل بشدة من حيث شدتها، فالزلازل المدمرة تنطلق منها ملايين الأضعاف من الطاقة التي تنطلق من الزلازل الضعيفة. ولذلك، فإن ذلك المقياس يعتبر لوغاريتمي؛ أي كل خطوة تعني زيادة عشرة أضعاف في حجم الطاقة المنطلقة. فبالنسبة للزلزال الذي تصل قوته إلى ٧ درجات، تنطلق منه طاقة يترتب عليها تدمير بعشرة أضعاف التدمير الناتج عن زلزال قوته ٦ درجات، كما ينطلق منه مائة ضعف طاقة التدمير المنطلقة من زلزال قوته ٥ درجات وألف ضعف من الطاقة المنطلقة من زلزال قوته ٤ درجات وهكذا.

ليس لذلك المقياس نهاية معينة؛ أي أنه ليس محدودًا. فقد بلغت قوة أكبر الزلازل المسجلة تاريخيًا حوالي تسع درجات بمقياس ريختر، مثل الزلزال الذي تسبب في أمواج تسونامي المدمرة في جنوب شرق آسيا في شهر ديسمبر من عام ٢٠٠٤. ولكن، من المستبعد أن تسجل قوة أي زلزال ١٠ درجات، ومع ذلك فإنه يمكن لمقياس ريختر التعامل مع هذه الدرجة إن حدثت، بل والتعامل مع الدرجات الأكبر منها.

لاحظ العالم ريختر شيئًا آخر عن ذلك المقياس في عام ١٩٥٤؛ فهو يعكس الكيفية التي من المحتمل أن تحدث بها الزلازل بمختلف شدتها. فالزلازل التي تبلغ قوتها ٦ درجات من المحتمل أن تحدث بمقدار عشرة أضعاف احتمال حدوث الزلازل التي تبلغ قوتها ٧

درجات، وكذلك فإنها تحدث بمقدار مائة ضعف احتمال حدوث الزلازل التي تبلغ قوتها ٨ درجات.

يوجد الآن الكثير من المحطات التي تسجل قوة الزلازل موزعة في جميع أنحاء العالم. وتلتقط مرسمات الزلازل حركة موجات طاقة الزلازل، غالبًا بعد انتقال هذه الموجات لآلاف الكيلو مترات خلال الأرض. وبالاعتماد بأكبر شكل ممكن على الأوقات التي تصل فيها تلك الموجات إلى محطات قياس الزلازل المتعددة، فإنه يمكن للخبراء أن يستنتجوا المكان الذي وقع فيه مركز الزلزال بالتحديد، كما يمكنهم معرفة بُعدَه عن سطح الأرض ومدى قوته التي وقع بها. وعند وضع كل هذه البيانات على خريطة العالم، سنجد أن معظم الزلازل تحدث في المناطق الجيولوجية الضيقة، خاصةً في منطقة النشاط البركاني والزلزالي بمحاذاة أطراف المحيط الهادىء وعلى امتداد حواف قارة آسيا وفي جبال الهيمالايا ومنطقة الشرق الأوسط وأوروبا. توجد في نهاية تلك المناطق المسماة بحزام الزلازل مدينة لشبونة بالبرتغال والتي تحطمت بأكملها نتيجة زلزال مدمر في عام ١٧٥٥.

تعمل نماذج الزلازل (والبراكين) على إعطاء دعم فعال لنظرية الألواح التكتونية التي مفادها أن هناك بقايا كبيرة من مكونات القشرة الأرضية توجد في حركة دائمة بالتناسق فيما بينها (١٩٩٢).

إسهامات فرانز زويكي في مجال دراسة النجوم

١٩٣٦

لاحظ بعض المراقبين لآفاق السماء عبر قرون عديدة الكثير من التغييرات. بعض هذه التغييرات تعتبر منتظمة ومتوقعة، مثل المراحل التي يمر بها القمر وحركة الكواكب. بينما قد تحدث بعض التغييرات دون أدنى تحذير مسبق، مثل ظهور نجوم جديدة فجأة في مكان لم تتم رؤية أي نجم فيه مسبقًا. فالنجمان اللذان اكتشفهما العالمان تيكو براهي في عام ١٥٧٢ وكبلر في عام ١٦٠٤ كانا من ضمن القائمة، حيث يكفي ضوؤهما الساطع لرؤيتهما في أوقات النهار قبل أن يخبو ذلك الضوء مرةً أخرى. فضلاً عن ذلك، فقد استطاع علماء الفلك الصينيون رؤية نجم شديد اللمعان في عام ١٠٥٢.

بمجرد إدراكنا أن مجموعتنا من النجوم لم تكن الوحيدة الموجودة في هذا الكون (هابل ١٩٢٤) وأن هناك العديد من المجرات الأخرى، بذل علماء الفلك جهودهم من أجل البحث عن هذه النجوم الجديدة. إلا أنه بالرغم من إمكانية رؤيتها على مثل هذه المسافات، فقد كانت الانفجارات الخاصة بها شديدة السطوع لتستحق أن يُطلق عليها اسم النجوم المتجددة العظمى. جدير بالذكر أن النجوم التي تم اكتشافها في عام ١٠٥٢ و١٥٧٢ و١٦٠٤ كانت تنتمي لهذه الفئة.

بدأ عالم الفلك الأمريكي فرانز زويكي بحثه عن هذه النجوم المتجددة العظمى في عام ١٩٣٦، واكتشف عشرين نجمًا من هذه الفئة في مجرات أخرى. اتسم بعض هذه النجوم بالبريق مثل سائر نجوم المجرة لمدة أشهر قلائل قبل أن يختفي بريقها. إذن هناك كارثة قد حدثت بالتأكيد لهذه النجوم لكي تنطلق منها هذه الكمية من الطاقة.

قام العالم زويكي بوضع سيناريو للأحداث المحتملة. فاعتقد أن النجم الكبير قد يستهلك طاقته بسرعة كبيرة للغاية (وقد قصد هنا عدة ملايين من السنوات). ومع نفاد طاقة ذلك النجم، سينهار ذلك النجم فجأة بطريقة تشبه الكارثة، فتتناثر الطبقات الخارجية لهذا النجم بمجرد وصوله إلى هذه المرحلة. وبالتالي، يؤدي ذلك الانهيار إلى انطلاق طاقة هائلة لفترة من الوقت، حيث يستمر هذا النجم المنهار في التلاشي إلى أن يصل إلى الانتهاء كلية في خلال سنة أو سنتين.

عندما تهدأ الأمور وتعود إلى طبيعتها مرةً أخرى، سيتبقى شيئان من انهيار النجم وهما سُحب حطام هذا النجم والغازات والغبار المعروف الآن باسم بقايا حطام النجوم المتجددة العظمى (سحب سديم السرطان في كوكبة برج الثور توضح مكان وجود النجم المتجدد الأعظم الذي حدث في عام ١٠٥٢)، أما الشيء الثاني فهو عبارة عن جمرة النجم العملاق، والتي تعرضت للضغط الشديد بفعل ذلك الانهيار لتصبح في مثل كثافة نواة الذرة. جدير بالذكر أن قدر ضئيل من هذه المادة قد يزن ملايين الأطنان؛ فمثل هذا الجسم الذي يبلغ عرضه ١٠ كيلو مترات قد يبلغ وزنه وزن الشمس بالضبط. وفي ظل هذه الجاذبية الشديدة، ستتعرض البروتونات والإليكترونات للضغط معًا فتتولد النيوترونات (رذرفورد ١٩٢٠). وقد أطلق العالم

زويكي على هذه النيوترونات اسم النجوم النيوترونية. جدير بالذكر أنه قد مضى ثلاثون عامًا منذ ذلك الحين قبل اكتشاف أحد هذه النيوترونات (بل وهيويش ١٩٦٧).

لقد ترك لنا العالم زويكي شيئًا آخر لكي نفكر فيه ونتأمله. فقد درس زويكي الطريقة التي تتجاذب بها المجرات من خلال الجاذبية المتبادلة فيما بينها. فوفقًا لما جاء به العالم نيوتن (١٦٨٦)، تؤثر هذه القوة الجاذبة على الطريقة التي تتحرك بها المجرات. وبالرغم من ذلك، لا يبدو أن إضافة كتلة كل النجوم المرئية بالإضافة إلى السحب الغازية ستجعل المجرات ثقيلة بالقدر الكافي لكي تتحرك بهذه الطريقة. إن الكثير من كتل المجرات (والتي قدرت فيما بعد بنسبة ٩٠٪)، بدت مفقودة، نظرًا لاتخاذها شكل المواد المعتمة التي لا قد لا يمكن رؤيتها. لقد استطاع زويكي أن يتوصل بعد ذلك إلى نتيجة مشابهة من خلال دراسة كيفية دوران المجرات في الكون. وبعد ذلك بحوالي ستين عامًا، تأكدنا إلى حد بعيد من صحة آرائه (١٩٩٢).

إسهامات هايدكا يوكاوا في مجال علم الفيزياء

١٩٣٦

كان منح جائزة نوبل في الفيزياء عام ١٩٤٩ للعالم هايدكا يوكاوا علامة بارزة في مجال انتشار العلوم "الغربية" خارج موطنها في أوروبا وأمريكا الشمالية. قضى العالم هايدكا يوكاوا معظم حياته المهنية في اليابان، بالرغم من انتقاله للعمل في الولايات المتحدة الأمريكية بعد الحرب العالمية الثانية. إلا أنه في الوقت نفسه، استطاع أن يحقق خطوة تقدمية في مجال عمله؛ حيث قدم فكرة جديدة ومذهلة لشرح ما يحدث في قلب المادة.

أما السؤال الذي كان يشغل باله هو: "ما الذي يعمل على تماسك نواة كل ذرة؟" فالنواة تحتوي على بروتونات جميعها ذات شحنات موجبة، كما أنها تحتوي على نيوترونات لا تحمل أية شحنة. إن قوى التنافر المتبادلة بين بروتونات النواة ستؤدي حتمًا إلى انشطار هذه النواة إلى قطع متناثرة. ولكن لحسن الحظ لن يحدث ذلك، حيث لابد من وجود بعض قوى التجاذب تعمل على تماسك مجموعة البروتونات والنيوترونات معًا وهي المجموعة المعروفة باسم النوية.

عمل علماء الفيزياء بالفعل على تحديد بعض سمات هذه القوى الجاذبة، حيث بلغت هذه القوى حوالي مائة ضعف القوى الكهرومغناطيسية الموجودة بين الشحنات الكهربائية المختلفة، ولذلك تمت تسمية هذه القوى بالقوى المؤثرة. ومن سمات هذه القوى المؤثرة أيضًا أنها تعمل فقط بين كل نوية وأخرى؛ إلا أن الإليكترونات لا يظهر عليها تأثير هذه القوى. فتأثير هذه القوى لا يتجاوز سوى بعض المسافات القصيرة التي قد تبلغ مقدار حجم النواة تقريبًا. فيما وراء هذه المسافات القصيرة، لا يظهر تأثير هذه القوى. أدرك العلماء فيما بعد أن عملية تفتيت هذه القوى تتولد منها طاقة الانشطار النووي (١٩٣٨).

اتخذ العالم يوكاوا منهجًا حديثًا لشرح التفاصيل كافةً المتعلقة بهذه القوى. فقد شبه هذه القوى بشخصين يلعبان كرة السلة معًا. فإذا ما رمى أحدهما الكرة إلى الآخر، فسيضطر كلاهما إلى الابتعاد عن بعضهما البعض، وإذا أمسكا الكرة معًا، فستسحبهما الكرة إلى الاتجاه الذي ستسلكه. واقترح العالم يوكاوا أن هذه القوى المؤثرة تتعلق بتبادل جسيم جديد أطلق عليه اسم الميزون، بسبب اعتقاده أن كتلته توجد في مكان وسط بين كتلتي البروتون والإليكترون.

من أكثر الأماكن التي من المحتمل العثور فيها على هذا الميزون في الأشعة الكونية (هس ١٩١٢)، حيث يمكن أن يتكون هذا الميزون من اكتسابه للطاقة. ولذلك، نظمت عملية بحث على أسس علمية ومنطقية سليمة. وفي أثناء تلك العملية، عُثر على كتلة صغيرة تشبه إلى حد كبير هذا الميزون، من خلال تصوير حركة الجسيمات داخل الغرفة السحابية (ولسون وجايجر ١٩١٢)، إلا أن تلك الكتلة الصغيرة لم تكن ذلك الجسيم الذي سعى الجميع من أجل الحصول عليه. كان ذلك الجسيم له كتلة الميزون نفسها، لكنه لم ينجذب إلى النواة، لذلك لم يستطع هذا الجسيم أن يحمل تلك القوى المؤثرة. وقد أُطلق على ذلك الجسيم الصغير اسم ميون، حيث يبدو على هيئة إليكترون ثقيل على الأرجح، كما أن ذلك الجسيم عديم الفائدة وغير ضروري. فقد قيل إن عالم الفيزياء الأمريكي إيزادور رابي قال ذات مرة عند سماعه لذلك الاكتشاف: "من الذي توصل إلى هذا الاكتشاف؟".

كان الجسيم الذي اكتشفه العالم يوكاوا وأطلق عليه اسم بيون قد تم اكتشافه أخيرًا في عام ١٩٤٧، ولكن بحلول ذلك العام كانت مهمة تسجيل انتشار الجسيمات الأساسية قد بدأت. فبالإضافة إلى البروتون والنيوترون والإليكترون والبوزترون (ديراك ١٩٢٨) والنيوترينو (باولي ١٩٣٢) وكل من الميون والبيون، بدأت جسيمات جديدة في الظهور من الإشعاع الكوني ومن الأجهزة الجديدة المستخدمة في تفتيت الذرة بعد الحرب (الكوزموترون ١٩٥٢)، وذلك بمعدل سريع ومذهل.

كان المجال النووي الثانوي ممتلئًا بدرجة كبيرة بعشرات البقايا من المادة، والتي كان لبعضها قدرة على الاستمرار لمدة أجزاء قليلة من الثانية. تمثلت الأسئلة التي تم طرحها من قبل عن العناصر منذ حوالي مائة سنة ماضية فيما يلي: "لماذا هناك ذلك العدد الضخم من العناصر؟" وهل هناك أي حد نهائي لذلك العدد؟ وهل هناك أي ترتيب فيما بين تلك العناصر وبعضها البعض؟ وكانت الإجابة بالتأكيد (١٩٦٣).

اكتشاف هانس كريبز لدورة الطاقة في الحياة

١٩٣٨

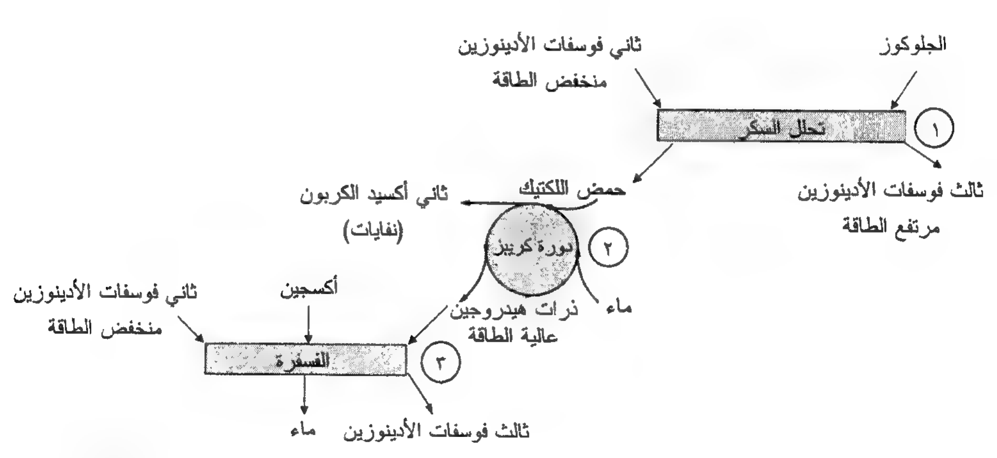
قام العلماء القدامى من محبي إجراء التجارب مثل جون مايو (١٦٧٤) بتشبيه عملية التنفس التي يقوم بها كل من الحيوانات والنباتات للحصول على الطاقة التي يحتاجونها للحياة والنمو بعملية احتراق الشمعة. ففي تلك العملية، يعتبر غاز الأكسجين عنصرًا ضروريًا لا بد من وجوده، حيث تنطلق الطاقة ويتخلف عن ذلك كل من الماء وثاني أكسيد الكربون. ولم ينجح العلماء في فهم مدى تعقيد عملية التنفس فعليًا إلا بحلول القرن العشرين. فتأملت عيون الأجيال من طلاب الكيمياء الحيوية الأشكال التي تعبر بشكل مختصر عن تلك العملية مع وجود عشرات من الخطوات العلمية والتحويلات المتعددة للمركبات.

لذلك، تم التوصل إلى إنجاز هائل على يد العالم الكيميائي الألماني هانس كريبز، الذي أمضى معظم حياته العملية في إنجلترا ليس فقط للقيام بتصوير التفاصيل المعقدة لعملية التنفس داخل الجسم، بل أيضًا من أجل إجراء التجربة بحرص وحذر لكي يوضح أن تلك العملية تسير بالطريقة التي اعتقد أنها تسير بها. ولذلك، غالبًا ما يُطلق على تلك العملية

التي تتكون من ثلاث مراحل اسم دورة كريبز. توجه العالم كريبز إلى إنجلترا، بناءً على دعوة من زميله العالم فريدريك جاولند هوبكنز، الذي تستند شهرته بشكل كبير في عمله على اكتشافه للفيتامينات (١٩٠٦).

تعتبر الدورات أمرًا مألوفًا في الطبيعة. فالكثير من العمليات والمواد تمر بمراحل مختلفة من التغييرات والإضافات والتعقيدات في فترة معينة من الوقت، إلى أن تنتهي تلك المواد والعمليات بعودتها إلى نقطة البداية مرةً أخرى. فعناصر مثل الماء والكربون والنيتروجين لها دوراتها الخاصة، والتي تشكل جزءًا من تلك الصورة الكبيرة للطبيعة. تمثل إنجاز ذلك العالم في عثوره على دورة داخل كل خلية من الخلايا، وهي الدورة التي تجعل الطاقة متاحة للاستهلاك. أما العلماء الآخرون، فقد اكتشفوا عددًا كبيرًا من الخطوات التي تحدث من خلال سلسلة من العمليات التحويلية. ولكن تميُز العالم كريبز جاء من منطلق قيامه بإنهاء هذه السلسلة وجعلها بمثابة دورة.

لا تحتاج المرحلة الأولى من عملية استخلاص الطاقة من الجلوكوز إلى وجود الأكسجين. فتلك العملية لا تستخلص سوى ثلث الطاقة المتاحة في الجلوكوز أو في أي مصادر أخرى للطاقة. أما بالنسبة للمرحلة الثانية، والتي تم تحليلها على يد العالم كريبز، فتعتبر بمثابة دورة لأن جزيئات أي مركب كيميائي (مثل حمض الستريك الموجود في الليمون والبرتقال) تمر خلال مراحل كثيرة، مما يعمل على تحفيز العديد من عمليات التحويل، كما تقوم بامتصاص الماء وإطلاق أيونات ثاني أكسيد الكربون والهيدروجين (والتي تتحول في مرحلة تالية إلى حزم ممتلئة بالطاقة) ثم تنتهي تلك المركبات دون تغيير لتستعد بالقيام بتلك الدورة مرةً أخرى. فالمرحلة الثالثة فقط هي التي تستلزم وجود الأكسجين. ويوضح الشكل القادم مثل هذه التفاصيل.



قد يبدو ذلك الشكل معقدًا بالتأكيد، ولكنه في واقع الأمر شكل مبسط عن كيفية استخلاصنا للطاقة من الأغذية مثل الجلوكوز. ففي المرحلة الأولى، يمر الجلوكوز من خلال عملية تحلل السكر. التي يمكن أن تحدث في أي مكان داخل الخلية دون الحاجة إلى أكسجين. كما ينتقل في هذه المرحلة أيضًا بعض من الطاقة الممتصة من الجلوكوز إلى الجزيئات حاملة الطاقة التي تسمى بثاني فوسفات الأدينوزين لتتحول إلى ثالث فوسفات الأدينوزين المسئول عن توفير الطاقة اللازمة للقيام بأية عملية حيوية في الخلية.

يظهر الجلوكوز من المرحلة الأولى على هيئة حمض اللكتيك (أو حمض البيروفيك) – وهو مكون للمواد الضارة التي تجعلنا نشعر بتعب في العضلات – كمصدر للطاقة في المرحلة الثانية المسماة بدورة كريبز. تحدث هذه المرحلة (وكذلك المرحلة الثالثة) في الميتوكوندريا، التي تعتبر المسئول عن إطلاق الطاقة. تحتاج هذه الدورة إلى امتصاص الماء والتخلص من ثاني أكسيد الكربون (كنفايات) وذرات الهيدروجين التي تحمل مزيدًا من الطاقة على سطحها.

أما في المرحلة الثالثة، والتي تسمى بعملية الفسفرة، تنقل ذرات الهيدروجين الطاقة الزائدة عن احتياجاتها إلى المزيد من جزيئات ثاني فوسفات الأدينوزين (بهدف تصنيع المزيد من ثالث فوسفات الأدينوزين بصورة أكبر من المرحلة الأولى)، ولكن ذرات الهيدروجين تضطر إلى الاندماج مع ذرات الأكسجين من أجل تكوين الماء. ولذلك، تعتبر تلك النتيجة هي السبب الأساسي وراء حاجتنا الماسة للأكسجين للبقاء على قيد الحياة.

إسهامات هانز بيث وكارل فون وايسزاشر في دراسة النجوم

١٩٣٨

عكف عالم الفلك الإنجليزي آرثر أدينجتون على العمل للتعرف على السبب وراء سطوع الشمس وغيرها من النجوم بصفة مستمرة (١٩٢٠). ويتمثل هذا السر في اندماج أربع ذرات من الهيدروجين - حيث يعتبر الهيدروجين من أكثر العناصر الموجودة بوفرة - لتكوين ذرة واحدة من الهليوم. وتزن ذرة الهليوم الواحدة مقدارًا أقل بقليل من وزن أربع ذرات هيدروجين معًا، أما بالنسبة للكتلة المفقودة (والتي تقدر بأربعة ملايين من الأطنان في كل ثانية في حالة الشمس)، فإنها تظهر مرةً أخرى في صورة طاقة.

عندما تم تناول التفاصيل الخاصة بتلك العملية، فقد جاء كل من الأمريكي هانز بيث والألماني كارل فون وايسزاشر بمخططين شديدي التشابه فيما بينهما عن ذلك الموضوع. ولكن قام كلاهما بذلك على حدة. فقد تصوروا كيفية حدوث هاتين العمليتين. ففي العملية الأولى والتي تحدث في النجوم الأصغر من حيث الحجم مثل نجم الشمس، تندمج ذرات الهيدروجين (H) - أو بالأحرى البروتونات التي تحتوي عليها تلك الذرات - معًا ذرة تلو الأخرى لتكوين نواة هليوم (He) واحدة كتلتها ٣ وهو الأمر الذي لم يُكتشف إلا قبل ذلك الوقت بسنوات قليلة. فيؤدي اندماج ذرتين من الهليوم كتلتيهما ٣ بروتونات معًا إلى إنتاج ذرة هليوم واحدة ذات كتلة تبلغ أربعة بروتونات وإطلاق اثنين من البروتونات لبدء العملية مرةً أخرى. تسمى هذه العملية في بعض الأحيان بعملية احتراق الهيدروجين، بالرغم من عدم اشتعال النيران في الهيدروجين فعليًا.

$$H_1^1 + H_1^1 \longrightarrow He_2^2 \longrightarrow H_1^2 + 1e$$

$$H_1^2 + H_1^1 \longrightarrow He_2^3$$

$$He_2^3 + He_2^3 \longrightarrow He_2^4 + H_1^1 + H_1^1$$

تلخص هذه المعادلات الثلاث عملية الاندماج النووي التي تحدث في النجوم، والتي يتحول فيها الهيدروجين إلى ذرات من الهليوم مع انطلاق طاقة. وتشتمل هذه المعادلات على نظيرين من الهيدروجين وثلاثة نظائر من الهليوم، والتي يصبح أحدهما مشعًا بواسطة انحلال أشعة بيتا. يمثل الرقم العلوي بجانب كل رمز من العناصر الوزن الذري (حاصل جمع البروتونات والنيوترونات). بينما يمثل الرقم الأسفل العدد الذري (عدد البروتونات فقط).

أما بالنسبة للعملية الثانية، فهي تحتاج إلى درجات حرارة أعلى؛ لذا، فإنها تحدث فقط في النجوم الأكبر حجمًا. فهذه العملية تبدأ بنواة كربون، تكونت من قبل من خلال اندماج ثلاث ذرات هليوم معًا. وكنتيجة لتلك العملية تتجمع البروتونات، مما يؤدي إلى توليد عدد أكبر من ذرات الهليوم وانطلاق طاقة. ولكن في الوقت نفسه، ينتج عن تلك العملية ظهور عناصر أكثر ثقلاً مثل النيتروجين والأكسجين. وتعد هذه الطريقة النووية هي الطريقة الوحيدة التي يمكن عن طريقها تكوين هذه العناصر الضرورية في أي مكان في الكون. إذن فعنصرا النيتروجين والأكسجين في الهواء الجوي وفي أجسامنا قد تم إنتاجهما من خلال تلك "الأفران النجمية".

عبر الكثير من ملايين السنين، بل والبلايين من السنين، كان الهليوم الذي يعتبر من مخلفات الحرائق يُستخدم في إشعال تلك الحرائق وإطفائها أيضًا. بعد ذلك، تم اكتشاف الهليوم كسبب لسطوع النجوم؛ حيث تندمج ذرات الهليوم ويتم إنتاج عناصر أثقل مثل الكالسيوم والفسفور في عظامنا، والحديد في دمائنا، والماغنسيوم في أوراق الكلوروفيل الخضراء، والصوديوم والبوتاسيوم اللذين يرسلان إشارات عبر الجهاز العصبي لدينا.

من المهم لنا أن نعرف أن الفهم الجيد لكيفية توليد الطاقة سيساعدنا على شرح كل التفاصيل المتعلقة بعمر بعض النجوم وكيفية توزيع أنماط النجوم المتعددة كما يتضح ذلك في مخطط هرتزسبرنج-راسل (١٩١٠). ويعمل اندماج ذرات الهيدروجين على إمداد النجوم بالطاقة في معظم فترات حياتها؛ ولذلك، فإن نسبة ٩٠٪ من النجوم، بما فيها الشمس، تعتبر من نجوم المتتابعة الرئيسية. فعندما يبدأ احتراق الهليوم داخل النجوم، تنطلق كمية هائلة وجديدة من الطاقة بداخلها، فيتضخم بذلك حجم هذه النجوم، حتى قد يصل حجمها إلى مائة ضعف حجمها الأول، ولكن سرعان ما تبرد درجة حرارة أسطحها وتصبح أكثر احمرارًا. فيبدو ذلك النجم كالعملاق الأحمر. وتلك المرحلة من حياة النجم لا تستمر لفترة زمنية طويلة (وفقًا لمصطلحات علم الفلك)، ولذلك السبب فإن هذه النجوم الحمراء العملاقة نادرًا ما تظهر. فالكثير من أمثال هذه النجوم تنتابها اضطرابات جمة، فتتذبذب درجة سطوعها. بينما يصبح بعضها من فئة مجموعة المتغيرات الدورية التي مثلت أمرًا مهمًا في إدراكنا للكون (ليفت ١٩١٢).

مع مرور بلايين السنين في المستقبل، ستشهد الشمس هذه المرحلة من التغير، فمن المرجح أن تعمل الشمس على تدمير كوكب الأرض. ولذلك، يرتبط مفهوما الحياة والموت معًا في دورات حياة النجوم. فالعملية التي ينتج عنها تلك الكتل المكونة للنباتات والكواكب والبشر يمكن أن تؤدي أيضًا إلى تدمير جميع هذه الكائنات. وبمجرد أن يتم استهلاك الهليوم بما يفوق الحد الطبيعي، ستخبو النيران المركزية في قلب ذلك النجم، كما ستتسرب الحرارة المتبقية في الفضاء. وينهي النجم حياته وهو في هيئة تشبه هيئة النجم القزم الأبيض.

لقد مضى العالمان بيث وفون وايسزاشر السنوات التي أعقبت اكتشافاتهما في اتجاهين متضادين للحرب العالمية الثانية، حيث عمل كل منهما في برامج بلده من أجل تصنيع الأسلحة النووية.

اكتشاف العلماء للانشطار النووي

١٩٣٨ م

لا شك أنه لا يوجد اكتشاف طوال القرن العشرين من حيث توابعه السياسية والعسكرية استطاع أن يتفوق في أهميته على اكتشاف الانشطار النووي. فعلى مدار أربعين عامًا، عكف علماء الفيزياء على العمل من أجل إدراك النشاط الإشعاعي (١٨٩٦) وتلك الطاقة المنطلقة من أعماق الذرات. وفي نهاية الثلاثينيات من القرن العشرين، بدا الأمر لبعض الناس ممكنًا حيث قد تنطلق هذه الطاقة على نحو ينطوي على الانفجار والتدمير مثلما يحدث في القنبلة. فإذا كان من الممكن التحكم في خروج هذه الطاقة، فهناك أيضًا منظور متعلق بمصدر الطاقة الذي لا ينفد لاستعماله في الأغراض السلمية. لم يعتقد العالم الفيزيائي البارز أرنست رذرفورد في حقيقة هذا النوع من التفكير، بالرغم من وجود الأدلة على هذا الرأي.

ترجع سلسلة الأدلة على صحة حدوث انشطار نووي إلى عام ١٩٣٤. فقد كان النيوترون الذي لا يحمل أية شحنة والمكتشف حديثًا في تلك الفترة (معمل كافندش ١٩٣٢) محورًا مفضلاً لدى علماء الفيزياء النووية المهتمين باكتشاف محتويات نواة كل ذرة. قاد العالم الإيطالي أنريكو فيرمي فريق عمل من العلماء الباحثين الذين نجحوا في إضافة نيوترونات إلى اليورانيوم – أثقل العناصر من حيث الوزن – مع محاولة جعل الذرات تلتهم وتجتذب

النيوترونات إليها، مما يؤدي إلى إنتاج عناصر أثقل لا توجد في الطبيعة. بدا أن هذا الفريق قد نجح في تحقيق ذلك.

كذلك، فقد ازداد الأمر إثارة عندما كرر العالمان الألمانيان أوتو هان وفرانز شتراسمان هذه التجارب فيما بعد في سنة ١٩٣٨، حيث كانت النتائج مدهشة وعجيبة. أظهر التحليل الكيميائي أنه بدلاً من ظهور عناصر جديدة، فقد ظهرت عناصر معروفة مثل الباريوم، الذي يتميز بخفة وزنه عن اليورانيوم.

نجحت النمساوية ليز مايتنر وابن أخيها أوتو فريش في إدراك ما حدث تمامًا. فعلى غير المتوقع، فقد تسببت النيوترونات في انقسام نوى اليورانيوم إلى نصفين، فانطلقت طاقة كانت تعمل على تماسك النواة الأكبر معًا. وعندما قورنت هذه الطاقة بالتفاعل الكيميائي الذي يحدث في الديناميت، كان مقدار هذه الطاقة المنبعثة هائلاً. وبالتالي، أدت فكرة الانشطار النووي إلى آفاق جديدة من الطاقة النووية.

تم نشر هذه النتائج، مما جعل علماء الفيزياء حول العالم أجمع يتسابقون لتأكيد صحة هذه النتائج. وفي أوائل عام ١٩٣٩، أضاف كل من فريدريك وإيرين جوليو-كوري - ابنة ماري كوري وبيير كوري (١٨٩٨) - شيئًا مهمًا للغاية بخصوص هذا الأمر؛ فقد وجدا أن كل انشطار نووي يطلق العديد من النيوترونات. ففي ظل الظروف المناسبة، يمكن لكل نيوترون أن يتسبب في انقسام نواة يورانيوم أخرى، وبالتالي انطلاق المزيد من النيوترونات. ولذلك، كانت هناك سلسلة من التفاعلات ممكنة الحدوث، بالرغم من أن ذلك لا ينبغي أن يتضمن بالضرورة انفجارًا. فالطاقة قد تنطلق بسرعة كبيرة لكي تكون قادرة على تسخين الغلاية على سبيل المثال، بحيث لا تكون منطلقة بسرعة تجعلها مدمرة لمدينة كاملة.

> **مهما كانت الطبيعة تحوي أسرارًا في جعبتها للبشرية جمعاء ومهما كانت هذه الأشياء مزعجة وموحشة، فالإنسان لا بد له أن يتقبل ذلك بصدر رحب، لأن الجهل بالمستقبل وما يدخره لن يكون أفضل على الإطلاق من المعرفة به.**
>
> **أنريكو فيرمي**

عندما اندلعت الحرب العالمية في نهايات عام ١٩٣٩، سافر العالم فريش إلى بريطانيا. وفي معمل بيرمنجهام الذي يديره الأسترالي مارك أوليفانت، عمل فريش مع زميله رودولف بيرلز على كتابة مذكرة سرية ذاع صيتها فيما بعد. كان من المعروف أن لليورانيوم نظيرين: النظير الأول وهو نظير اليورانيوم النادر ووزنه الذري ٢٣٥، بينما النظير الثاني متوفر بكثرة ووزنه الذري ٢٣٨ (١٩٠٧). وقد أظهر البحث أن النيوترونات تتسبب في انقسام نظير اليورانيوم ذي الوزن الذري ٢٣٥ فقط. فمن أجل صناعة قنبلة ذرية، لا بد أن يمر اليورانيوم بعملية معالجة أو تخصيب لكي يزداد مقدار نظير اليورانيوم ذي الوزن الذري ٢٣٥. فبعد مرور خمس سنوات منذ ذلك الوقت، أدى ذلك الاكتشاف إلى تدمير المدينة اليابانية هيروشيما في أول هجوم بالأسلحة النووية من نوعه.

كانت هناك ملحوظة بسيطة لكل هذه الحقائق. فعند الرجوع إلى عام ١٩٣٤، نجد أن العالمة الكيميائية المجرية إيدا نوداك قد عبرت عن شكوكها تجاه العناصر الثقيلة الجديدة التي ادعى العالم الإيطالي فيرمي إنتاجها. فتعجبت ماذا سيكون الحال إذا تسببت النيوترونات في انقسام نوى اليورانيوم إلى العديد من الأجزاء. ولكنها لم تتحقق من هذه الفكرة داخل المعمل، وكذلك لم يفعل أي شخص غيرها ذلك الأمر. فهذه الفكرة تم رفضها كشيء غير محتمل وغير قابل للتصديق. وهكذا فإن الانشطار النووي، كان من الممكن اكتشافه منذ خمس سنوات قبل اندلاع الحرب العالمية، بدلاً من اكتشافه مؤخرًا، كما كان تاريخ العالم سيصبح مختلفًا تمامًا عما هو عليه حاليًا.

في السنوات الأولى من الحرب، أكد باحثون في الولايات المتحدة أن العناصر الثقيلة الجديدة يمكن أن يتم إنتاجها بالطريقة التي برع في استخدامها العالم الإيطالي فيرمي وفريق العمل الملازم له في عام ١٩٣٤. وكان أحد هذه العناصر هو العنصر رقم ٩٤ الذي أُطلق عليه اسم البلوتونيوم. وقد وُجد أن البلوتونيوم أيضًا قادر على الانقسام في حالة قذفه بالنيوترونات، ولذلك تمت إضافته إلى العناصر التي يمكن أن تكون من ضمن المتفجرات النووية. وقد كانت القنبلة الذرية التي ألقيت على مدينة ناجازاكي اليابانية في أغسطس من عام ١٩٤٥ معتمدة في تركيبها على عنصر البلوتونيوم. وربما كان الأمر مناسبًا أن يتم بناء أول مفاعل نووي على الإطلاق، لإثبات أن البلوتونيوم يمكن أن يتم إنتاجه بكميات ضخمة، حيث تم بناء ذلك المفاعل لأول مرة في شيكاغو في ديسمبر ١٩٤٢ تحت إشراف العالم أنريكو فيرمي.

$$U^{235}_{92} + n^{1}_{0} \longrightarrow St^{90}_{38} + Te^{144}_{52} + Zn^{1}_{0}$$

$$U^{238}_{92} + n^{1}_{0} \longrightarrow Pu^{239}_{94}$$

إن عنصر اليورانيوم الموجود بالطبيعة (العنصر رقم ٩٢) يعتبر خليطًا من نظيرين. يتكون معظم ذلك الخليط من نظير اليورانيوم ذي الوزن الذري ٢٣٨، حيث يقل في الكفاءة بمقدار ١٪ عن نظير اليورانيوم ذي الوزن الذري ٢٣٥. ويعمل كل نظير من هذين النظيرين بطريقة تختلف تمامًا عن الآخر في حالة امتصاصهما للنيوترونات. فنظير اليورانيوم ذي الوزن الذري ٢٣٥ ينقسم إلى نصفين غير متساويين (أي تحدث له عملية انشطار). وهناك عشرات الوسائل للقيام بذلك الأمر، ففي هذا المثال، يمثل أحد الجزأين المنشطرين عنصرًا يُسمى السترنشيوم المشع بدرجة كبيرة ووزنه الذري ٩٠. لذلك، فإنه يعتبر مكونًا خطيرًا من مكونات الغبار الذري المتساقط الناتج عن التفجيرات النووية. كذلك، يتسبب الانشطار في إطلاق نيوترونين جديدين قادرين على شطر ذرات نظير اليورانيوم ذي الوزن الذري ٢٣٥ لتبدأ سلسلة جديدة من التفاعلات.

يقوم نظير اليورانيوم ذي الوزن الذري ٢٣٨ بامتصاص النيوترون فيتحول إلى نظير عنصر البلوتونيوم (العنصر رقم ٩٤). يستمر حدوث كل هذه العمليات في المفاعلات النووية طوال الوقت. وكما حدث مع نظير اليورانيوم ذي الوزن الذري ٢٣٥، فإنه يمكن أن يتعرض البلوتونيوم إلى الانقسام بواسطة النيوترونات، وهكذا يمكن أن يكون ذلك العنصر مصدرًا للطاقة النووية، سواءً في الأغراض السلمية أو العسكرية.

إسهامات كارل فون فريش في مجال العلوم الحيوانية

١٩٤٠

يعتبر التواصل شيئًا مهمًا بالنسبة لجميع البشر، ولذلك ربما نعتقد أن البشر هم المخلوقات الوحيدة التي تكون في حاجة إلى التواصل بشكل خاص. ولكن إذا نظرنا إلى الكائنات الحية الأخرى مثل الكلاب التي تنبح والطيور التي تغرد، فإننا نتساءل عن مقدار المعلومات المتداولة فيما بينها. ولذلك قام العالم الألماني كارل فون فريش المتخصص في مجال علوم الحيوان بالتركيز على النحل المنتج للعسل. وبما أن النحل تعتبر من الحشرات ذات الطابع الاجتماعي، فإنها تحتاج بالفعل إلى استعمال مهارات تخاطب وتواصل عالية، خاصةً عندما تنوي التعاون فيما بينها للعثور على الطعام وتجميعه. ونتيجةً لذلك البحث، اكتشف هذا العالم أن هذه الحشرات تقوم بعملية التواصل من خلال أداء أنماط معينة من الحركات.

هناك نوعان من تلك الحركات للنحل. فتؤدي النحل الحركات الدائرية، عندما تعلن اكتشاف مصدر للطعام على بعد ٧٥ مترًا. بينما تعبر الحركات الأكثر تعقيدًا مثل تحريك الذيل عن العثور على طعام على بعد أكثر من المسافة السابقة. كما لوحظ أن النحل تتحرك عرضيًا أمام مقدمة الخلية في خط مستقيم، وهي تهز بطونها، قبل الاستدارة مرةً أخرى والقيام بتلك الحركات من جديد. تحتوي هذه الأنماط من الحركات على العديد من المعاني. وتوضح سرعة هذه الحركات مدى بعد مصدر الطعام عن النحل (حيث تدل السرعة الأقل على كون مصدر الطعام على بعد مسافة كبيرة) كما أن خط الحركات يحدد جهة مصدر ذلك الطعام.

لكن هناك العديد من النقاط التي تثير الدهشة والغموض بخصوص تلك الحركات. ويعتبر تحديد الاتجاه دائمًا ذا علاقة نسبية مع مكان الشمس. فيدل اتجاه الحركات على نحو عمودي لأعلى على أن الطعام يوجد في اتجاه الشمس، أما إذا كان ذلك الاتجاه على نحو عمودي لأسفل، فإن الطعام يوجد في الاتجاه المعاكس للشمس. أما بالنسبة للطعام الذي يوجد في اتجاهات أخرى، فإن حركات النحل تكون بزاوية بين الاتجاهين السابقين. وبما أن مكان الشمس يتغير من حين لآخر على مدار اليوم كله، تستعمل حشرات النحل ساعاتها البيولوجية الداخلية لتصحيح الاتجاه. وإذا افترضنا تلبد السماء بالسحب، فقد اكتشف العالم فريش في عام ١٩٤٩، أن النحل يمكنها أن تستخدم قدراتها من أجل تعقب الضوء المتسلل من أجل العثور على ضوء الشمس المختفي.

أكد فريش مثل هذه الملاحظات، التي أعلن عنها في عام ١٩٤٠، عن طريق وضع الطعام على مسافات مختلفة وفي اتجاهات متعددة من الخلية، مع مراقبة الكيفية التي تؤثر بها كل هذه العوامل على الحركات التي تؤديها النحل. وقبل ذلك، كان فريش قد اكتشف أن النحل يمكن أن تميز الألوان، كما أن لديها حاسة للشم، ولكن حاسة التذوق لديها ليست مثل الإنسان. جدير بالذكر أن هذا العالم كان قد اكتشف، قبل ذلك بكثير عندما كان لا يزال في العشرينات من عمره، أن السمك يمكنه أن يميز بين ألوان ودرجة سطوع الضوء وأن قدرته على السمع والتمييز بين الأصوات تعتبر أعلى بكثير من قدرة الإنسان.

تشارك العالم فريش في الحصول على جائزة نوبل للطب أو علم وظائف الأعضاء في عام ١٩٧٣ مع باحثين آخرين وهما الباحث الهولندي نيقولاس تينبرجن والباحث النمساوي كونراد لورنتس اللذين درسا من قبل سلوك الطيور والأسماك بهدف تقديم المساعدة في فهم

أصول المنظومة الاجتماعية. وقد أدت النتائج التي توصلوا إليها إلى توضيح سلوك الثدييات بما فيها البشر.

إسهامات ماكس ديلبروك وسلفادور لوريا في مجال علم الأحياء

١٩٤٣

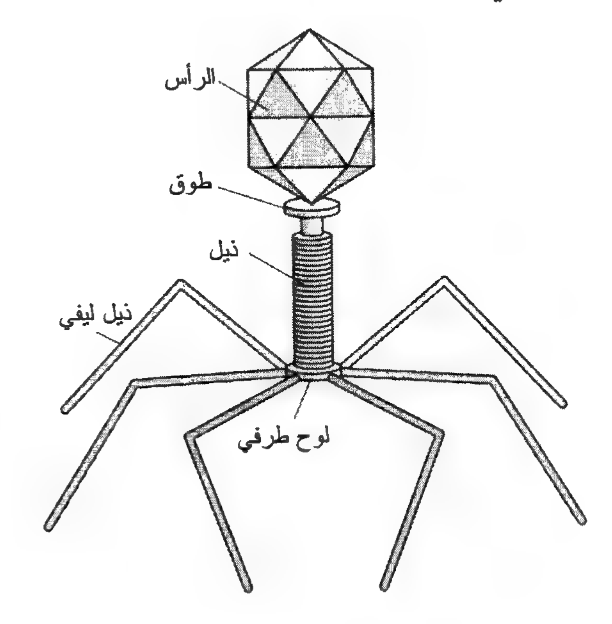
أدى اختراع الميكروسكوب الإليكتروني في مرحلة الثلاثينيات من القرن العشرين إلى حدوث نقلة كبرى للأمام في علم الأحياء، بالدرجة نفسها التي أدت بها الميكروسكوبات الأصلية عند اختراعها لأول مرة في القرن السابع عشر (١٦٧٣) إلى حدوث طفرة وتقدم. فبدلاً من استعمال الضوء، يتم تركيز أشعة من الإليكترونات بواسطة عدسات مصنوعة من المجالات المغناطيسية. وبالتالي، يمكن تكبير الأجسام آلاف المرات. وأدى ذلك إلى الاطلاع على سر جديد من أسرار الطبيعة. فالفيروسات التي أُعتقد في وجودها منذ عام ١٨٩٨ ولم يتمكن أحد من رؤيتها أصبح من الممكن حينها تصورها واستكشافها، حيث بدا عدد كبير منها على هيئة بلورات.

كانت أكثر أنواع الفيروسات وضوحًا عند رؤيتها بواسطة الميكروسكوب الإليكتروني هي الفيروسات ملتهمة البكتريا، والتي تم اكتشافها في حوالي عام ١٩١٥. ولقد أطلق عليها العالم الكندي ذو الأصول الفرنسية فليكس ديهريلا ذلك الاسم حتى قبل أن يتمكن من رؤية أحد هذه الفيروسات، نظرًا لقيامها بالتهام البكتريا. فهذه الفيروسات تظهر تحت الميكروسكوبات الإليكترونية وكأنها مركبات فضائية غريبة الشكل أو كأنها مثل تلك الإبر التي يتم حنقها أسفل الجلد، كما يبدو أنها قادرة على أن تظل موجودة على السطح الخارجي للبكتريا حيث تقوم بحقن المادة الوراثية التي تجبر البكتريا على إنتاج نسخ عديدة من هذا الفيروس قبل أن يلتهمها الفيروس.

كان العالم ماكس ديلبروك دارسًا في بداية الأمر لعلم الفيزياء، إلا أنه أصبح مهتمًا بعلم الأحياء والوراثة بعد هجرته من ألمانيا إلى الولايات المتحدة الأمريكية. وقد جذبت انتباهه الفيروسات ملتهمة البكتريا، حيث بدت كأنها أبسط أنواع الفيروسات من حيث النظام الجيني لها؛ حيث إن علماء الفيزياء غالبًا ما يفضلون إرجاع الأشياء إلى أصولها الجذرية للتعرف على كيفية عملها. فقد كون العالم ديلبروك شراكة مع العالم الأمريكي سلفادور لوريا في أعقاب أحد مؤتمرات الفيزياء المنعقدة في عام ١٩٤١، وقاما معًا بتكوين مجموعة من

هذه الفيروسات الملتهمة للبكتريا لكي يدرسا الطريقة التي تعيش بها تلك الأنواع من الفيروسات.

لقد أوضحت إحدى النتائج الأولى موضوعًا أساسيًا في مجال العلوم الوراثية. كيف يمكن للبكتريا مقاومة الفيروسات التي تهاجمها أو مقاومة المضادات الحيوية القادرة على القضاء عليها؟ هل تستطيع بعض خلايا هذه البكتريا التكيف مع هذه المواد المضادة بطريقة ما أو بأخرى لكي تبقى حية؟ أو أن هذه المسألة برمتها تتعلق بالحظ، حيث تتمكن الخلايا القوية القادرة على حماية نفسها جيدًا من صد هذه الهجمات الشرسة والتغلب عليها كأن شيئًا لم يكن، بينما يبقى البعض الآخر غير قادر على النجاة من هذه الأخطار فيلقى نهايته في الحال.



يشبه هذا الكائن غريب الشكل بعض المخلوقات الغريبة أو إحدى مركبات الهبوط؛ إلا أنه يمثل بالفعل أحد أنواع الفيروسات الملتهمة للبكتريا. فالرأس تمتلئ بالحامض النووي DNA (أو RNA). كما أن الذيل يعمل كأداة لحقن المادة الوراثية من الفيروس إلى البكتريا. ويتولى الحامض النووي للفيروس مسئولية السيطرة على آلية تكوين البكتريا، والتي تكون مجبرة على تكوين نسخ عديدة من الفيروس، وذلك قبل التعرض للهلاك.

لقد قام كلا العالمين ديلبروك ولوريا بزرع بعض البكتريا فوق لوحة من المواد الكيميائية الغذائية، ثم قاما بعد ذلك بإصابة هذه البكتريا بالفيروسات الملتهمة للبكتريا. فوجدا أن تلك اللوحة التي امتلأت في البداية بالبكتريا المتكونة أصبحت خالية خلال ساعات قليلة حيث هلكت البكتريا. ولكن بعد ذلك بعدة ساعات، امتلأت اللوحة مرةً أخرى.

لقد بدا من خلال كل ذلك أن القليل من البكتريا قد تمكن من النجاة، وذلك لاكتسابه مناعة ضد الفيروس وهجماته الشرسة. إذن فقد تحقق هنا مفهوم الانتخاب الطبيعي الذي أشار إليه مسبقًا العالم تشارلز داروين (١٨٥٩)، حيث حدثت بعض الطفرات الجينية، مما أسفر عن تمتع تلك البكتريا بالقدرة على البقاء، وذلك بدلاً من مفهوم السلوك المكتسب الذي أشار إليه مسبقًا العالم جان لامارك (١٨٠٩).

إسهامات جورج بيل وأدورد تاتوم في دراسة الجينات والإنزيمات

١٩٤٣

بدأ علم التقنية الحيوية الحديث بدراسة باكتشاف فطر تعفن الخبز. أما علم التقنية الحيوية التقليدي فيتعامل مع صناعة الخبز والخميرة والزبادي والخل وغيرها. جدير بالذكر أن العالم لويس باستور (١٨٥٦) قد اكتشف أن الخميرة والبكتريا تسببان تغيرات كيميائية في هذه الأطعمة، وهو ما يُعرف بعملية التخمر، حيث تستطيع البكتريا والخميرة الحصول على الطاقة اللازمة للحياة والنمو. لقد أضافت علوم القرن العشرين الكثير لمعرفتنا بجميع التفاصيل المتعلقة بذلك الموضوع. لذا، فإنه يمكننا تكوين أنماط جديدة من علم التقنية الحيوية.

جاء الكيميائيان الأمريكيان جورج بيل وأدورد تاتوم ومعهما أدلة مهمة تتعلق بهذا الأمر. فقد بسَّطا عملهما بواسطة اختيار كائن حي أساسي لإجراء التجارب عليه، وهو الفطر الأحمر المسئول عن تعفن الخبز المسمى بفطر العصبياء المبوغة (Neurospora). أدرك العالم بيل من خلال عمله مع العالم الشهير توماس هانت مورجان في دراسة ذباب الفاكهة (١٩١١) أن حتى السمات البسيطة مثل لون العين والمعتمدة على سلسلة طويلة من التفاعلات الكيميائية تتحكم فيها بدرجة ما الجينات التي تمثل الوحدات الوراثية. كما أدرك أيضًا أن الطريقة التي يظهر بها تأثير هذه الجينات قد يمكن تغييرها بواسطة تعريض ذباب الفاكهة إلى أشعة إكس، مما يساعد في حدوث طفرات جينية لهذا النوع من الذباب (١٩٢٦).

استطاع العالم تاتوم أن يعرف كل شيء يتعلق بنمو ودراسة فطر تعفن الخبز. وبدأ بالاشتراك مع العالم بيل في تعريض ذلك الفطر إلى أشعة إكس، فأدى ذلك إلى توقف بعض

الخلايا الفطرية عن إنتاج مواد كيميائية معينة ضرورية لبقائها على قيد الحياة، كما لو أن بعض التفاعلات الكيميائية الخاصة قد توقفت نتيجة لذلك. ومنذ ذلك الوقت، أصبح من المعروف أن كل التفاعلات الكيميائية في الكائنات الحية تحتاج إلى إنزيم أو أكثر لتحفيز (أو لزيادة) سرعة تلك التفاعلات. اعتقد العالمان بيل وتاتوم أن الطفرات الجينية قد تسببت في وقف إفراز بعض الإنزيمات. ويعني ذلك أن كل جين لا بد أن يكون مسيطرًا بشكل ما على عملية إنتاج نوع معين من الإنزيمات.

إذا قمنا بتعميم تلك الفكرة قليلاً (حيث أيدت أبحاث كثيرة هذه الفكرة)، فسنجد أن كل الإنزيمات ما هي إلا نوع معين من البروتينات. لذلك، فإن كل جين في الفطر المسبب لتعفن الخبز يتحكم في عملية تكوين بروتين معين، بما فيها البروتينات التي يتكون منها الفطر. ويبدو هذا منطبقًا على جميع الكائنات الحية. بالرغم من اختلاف التفاصيل لكل حالة عن الأخرى، يمكننا أن نقول الآن إن الجينات تبذل أقصى تأثير لها بواسطة التحكم في تكوين مئات البروتينات المختلفة. وقد تتداخل الطفرات الجينية مع ذلك الأمر، ربما عن طريق تغيير الأوامر الخاصة بتكوين البروتينات.

يبقى سؤال واحد فقط يحتاج إلى إجابة: كيف يمكن للجينات التحكم بالفعل في كيفية تكوين البروتينات؟ لقد كانت الإجابة في ذلك الوقت على وشك الظهور (واتسون وكريك ١٩٥٣).

إسهامات روبرت وودوارد في مجال علم الكيمياء

١٩٤٤

لم يكشف أي شيء عن مدى التقدم الذي حققه علم الكيمياء منذ أيام العالم أنطوان لافوازييه (١٧٨٩) أو العالم فريدريك فولر (١٨٢٨) سوى قدرة علماء الكيمياء في منتصف القرن العشرين على تحضير مركبات معقدة مكونة من مئات الذرات من خلال ذرات شديدة البساطة مثل الماء أو ثاني أكسيد الكربون أو النشادر. فالعمليات التركيبية الكيميائية أصبحت تمثل علمًا يتسم بدرجة عالية من التعقيد. وبالرغم من حصوله على جائزة نوبل في الكيمياء (١٩٦٥) لريادته هذا العلم على مستوى العالم

أجمع، تحدث العالم روبرت وودوارد عن إسهاماته التي أضافت إلى فرع العمليات التركيبية الكيميائية.

ربما أوضح ذلك أن تحديد أي المسارات التي يمكن اتباعها من أجل صنع شيء معقد من شيء بسيط يتطلب الكثير من الخيال الذي يرتبط إلى حد كبير بفنون الرسم والعمارة ويفوق العمل المرهق باستخدام أنابيب الاختبار والمواد الكيميائية. فحدوث طفرات في مجال الفكر دائمًا ما يكون أمرًا مهمًا في مجال العلوم - وهو الأمر المعروف بلحظات الاكتشاف المفاجئ أو الإلهام الفكري. وهو ما يفسر تلك التخمينات من خلال تجميع الأدلة بشكل منهجي، حيث يسعى مقدموها إلى إثبات صحتها (أو على الأقل إثبات عدم خطئها).

لقد جمع العالم وودوارد بوضوح بين كل من الخيال والعمل الدؤوب المبني على أسس علمية. وقضى حياته في التحليل جنبًا إلى جنب مع العمليات التركيبية، حيث كان يتتبع المركبات الكيميائية المعقدة إلى أصولها ليعرف كيفية تركيبها وتكونها معًا. وكانت معظمها عبارة عن مركبات طبيعية مستخلصة من النباتات أو الكائنات الحية الأخرى، مثل الكثير من الأدوية الطبية المستخدمة عبر قرون من الزمان. كان من أوائل الإنجازات في هذا الصدد هو التركيب الأول للبنسلين، المستخلص من فطر البنسليوم (فليمينج ١٩٢٨). بينما تضمنت إنجازات أخرى اكتشاف مادة الستريكنين القلوية السامة والمضادات الحيوية المعروفة باسم التراميسين والأوريومايسين.

بمجرد معرفة محتوى وتركيب مركب ما، يمكن تركيب هذا المركب من خلال أبسط أجزائه، ولو نظريًا على أقل تقدير. وقد حقق العالم وودوارد أول نجاح له مع مركب الكينين في عام ١٩٤٤. فقد أدت محاولة تحضير هذا المركب من خلال قطران الفحم إلى ظهور علم الكيمياء العضوية في القرن التاسع عشر (١٨٥٦). كذلك، فقد تم التعرف بعد ذلك على قائمة من المواد الكيميائية مثل: الكوليسترول، كمية الدهون الموجودة في دم الإنسان، فضلاً عن هرمون الكورتيزون وحمض الليسرجيك - الذي يعتبر مصدرًا للأدوية المخدرة الباعثة على الهلوسة - والمادة الخضراء في النبات المعروفة باسم الكلوروفيل والمضاد الحيوي التتراسيكلين. وفي عام ١٩٧١، قام ذلك العالم بتركيب فيتامين (ب١٢)، وهو مركب شديد التعقيد حيث يحتاج تركيبه إلى مائة خطوة منفصلة. ولكنك لا تستطيع القيام بذلك ما لم تعرف بالتحديد إلى أين ستقودك هذه الخطوات.

وفقًا لما جاء به العالم وودوارد، بدا عدم وجود أي سبب يدفع أي مركب كيميائي عضوي لعدم التكون مرةً أخرى بمجرد أن يتم تحلله، بما يتضمن البروتينات ووحدات البناء الأساسية لكل من النباتات والحيوانات والحامض النووي الذي تم إثبات كونه مسئولاً عن نقل الصفات الوراثية من الآباء للأبناء. ولكن ما يزال هناك المزيد من الوقت لاكتشاف كل الأسرار المتعلقة بهذا الموضوع.

إسهامات أروين تشارجاف في دراسة الحامض النووي DNA

١٩٥٠ م

خلال العقود الوسطى من القرن العشرين، استمر علماء الجينات الوراثية في الاقتراب من اكتشاف سر الوراثة. لم يترك العالم أوسوالد أفري وزملاؤه (ومن قبلهم العالم فريدريك جريفيث) الذين تمكنوا من اكتشاف العامل التحويلي (١٩٢٨) سوى القليل من الشك في أن الصفات الوراثية مثل تلك الأشكال غير الظاهرة لتكوين البروتينات، يتم نقلها بواسطة مركبات كيميائية اسمها الأحماض النووية.

استطاع الباحثون أن يتعرفوا على نوعين من الحامض النووي داخل الخلايا. الأول يسمى بالحامض النووي الريبي منقوص الأكسجين (DNA) والثاني يسمى بالحامض النووي لسكر الريبوز (RNA). ويعتبر النوع الأول نشطًا في نواة الخلية، حيث إنه مسئول عن تكوين معظم الكروموسومات (١٨٦٩). بينما يعمل النوع الثاني بقدر كبير من الحرية في سائر أجزاء الخلية. فإذا تمت إزالة جزء سكر الريبوز – وهو نوع من السكر يحتوي على مركبات فسفورية – من كلا الحامضين، فإن معظم الأجزاء الباقية في الحامضين ستتكون معظمها من أربع مواد كيميائية (قلوية) تتكون من النيتروجين والكربون والأكسجين. وهذه المواد الكيميائية هي الأدينين والثيمين والجوانين والسيتوزين.

هاجر العالم أروين تشارجاف إلى الولايات المتحدة الأمريكية في ثلاثينيات القرن العشرين. وبعد تحليله بعناية للحامض النووي (DNA) المستخلص من العديد من الكائنات الحية، وجد شيئًا لافتًا للانتباه سُمي فيما بعد بقاعدة تشارجاف نسبةً إليه. فبالرغم من اختلاف نسب كميات المواد الكيميائية الأربع سابقة الذكر حسب نوع الكائن الذي استخلص منه الحامض النووي، فإنه من الملاحظ أن كل من الأدينين والثيمين تتشابهان في نسبتهما وكميتهما في معظم الكائنات الحية تقريبًا، وكذلك الحال مع الجوانين والسيتوزين. وبالتالي، فإن مركبي

الأدينين والثيمين بدا كأنهما عُثر عليهما معًا في مادة واحدة، وكذلك الحال مع الجوانين والسيتوزين. وإذا حاول شخص ما أن يعرف تركيب الحامض النووي الريبي منقوص الأكسجين (DNA) أو الحامض النووي لسكر الريبوز (RNA) فإنه يجب أن يضع ذلك في الحسبان. فقد أصبحت معرفة تركيب هذين الحامضين الهدف الأساسي الذي يسعى وراءه الكثيرون؛ نظرًا لأنه يظهر كيف يحتوي الحامض النووي الريبي منقوص الأكسجين (DNA) في الواقع على الصفات الوراثية.

ملحوظة: إذا كانت هناك أي شكوك حول قيام الأحماض النووية، وليست البروتينات، بنقل الصفات الوراثية، فقد أزالها تمامًا الاكتشاف الذي توصل إليه العالمان الأمريكان ألفرد هرشي ومارثا تشاس في عام ١٩٥٢. فقد ألحق العالمان الذرات المشعة بكل من البروتينات والأحماض النووية داخل الفيروسات التي تهاجم البكتريا والمعروفة باسم الفيروسات ملتهمة البكتريا (ديلبروك ولوريا ١٩٤٣). وقد تمت ملاحظة وجود نشاط إشعاعي مرتبط بالأحماض النووية (وليس بالبروتينات) في الخلية المصابة بهذا الفيروس، وهكذا تتحول الخلية المصابة إلى خلية فيروسية جديدة.

> **يزخر العلم بالأساليب التي تمكنه من الإجابة عن أي سؤال يتعلق بالاستفسار عن كيفية حدوث شيء ما، ولكنه يقف في كثير من الأحيان عاجزًا عن الإجابة عن سبب حدوث هذا الشيء نفسه.**
>
> **أروين تشارجاف**

إسهامات فريد ويبل ويان أورت في مجال دراسة المذنبات

١٩٥٠

على مدار العديد من القرون، كشفت التليسكوبات أن الأرض والكواكب الأخرى تشترك في أمر دورانها حول الشمس. وكانت المذنبات معروفة برءوسها اللامعة وذيولها الرفيعة منذ العصور القديمة، كما كان يتم تطبيق القوانين التي تسري على الكواكب لَحُليها أيضًا من قبل العالم أدموند هالي في ١٧٠٥. ومنذ عام ١٨٠١، كانت الكويكبات تُرى كنقاط ضوئية صغيرة توجد على الطرق المؤدية إلى كوكبي

المريخ والمشترى. تعتبر مدارات هذه الكويكبات دائرية الشكل تقريبًا، ولكن المذنبات تتحرك في مسارات طولية بالقرب من الشمس وكذلك في البعد عنها عند المناطق الأكثر برودة بين الكواكب.

كان عالم الفلك الأمريكي فريد ويبل أول من أضاف فرقًا آخر بين المذنبات والكويكبات من حيث المواد المكونة لكل منهما. فقال إن الكويكبات تتكون في الأساس من صخور. أما بالنسبة للمذنبات، فهي عبارة عن كرات ثلجية تتكون من أتربة وغبار وبقايا الصخور التي تجمعها مع بعضها البعض الغازات المتجمدة مثل الماء وثاني أكسيد الكربون.

قام فريد ويبل أيضًا بتركيز فكرته على الدراسات الخاصة بمذنب إنكي الذي يظهر كل ثلاثة أعوام (١٨٢٢). فعندما يقترب أي مذنب من الشمس، يذوب الثلج الموجود به ثم يغلي لتنطلق سحابة من الغبار التي تلتقط ضوء الشمس وتعكسه ليصبح بهيئة نجم ذي شكل غير متناسق. وفي الوقت نفسه، تنطلق بقايا الصخور وتسقط على كوكب الأرض لتحدث وابلاً من النيازك. ويعتبر ذلك النموذج من الأفكار مقبولاً ولا بأس به إذا تم فحصه للوهلة الأولى - تجدر الإشارة هنا إلى أنه ثمة دراسة أخرى قد أجريت في عام ١٩٨٦ بصدد مذنب هالي بواسطة سفن الفضاء المختلفة.

لكن هناك مشكلة. إذا تبخر بعض من محتويات المذنب في كل مرة يقترب فيها من الشمس، فلن يُكتب له البقاء في أثناء رحلته حيث قد يتلاشى تمامًا. حتى بالنسبة للمذنبات الكبيرة مثل مذنب هالي، لابد أن عمره لا يتجاوز مائة ألف سنة. وانطلاقًا من ذلك، فإنه يجب ألا يكون هناك وجود لأي مذنبات على الإطلاق. وفي محاولة لتفسير ذلك، اقترح عالم الفلك الهولندي يان أورت وجود سحابة شهابية تُسمى نسبةً إليه بسحابة أورت، تعمل كمخزن كبير للمذنبات في الحافة الخارجية من مجموعتنا الشمسية وبمسافة ربما تبعد وتُقدر بنحو سنة ضوئية عن الشمس. وهناك في ذلك الموقع تدور ملايين بل وبلايين من المذنبات حول المجموعة الشمسية في ظل وجود ضوء ضعيف وبرودة شديدة.

من وقت لآخر، هناك شيء ما يعكر ذلك الهدوء، ربما يتمثل هذا الشيء في اقتراب نجم آخر. فبعض كرات الثلج تنطلق خارج المدار، ثم تبدأ في السقوط باتجاه الشمس. بعد ذلك، تصبح هذه الكرات مذنبات كما نعرفها نحن، وتعيد ملء المخزون مرةً أخرى. كما تصبح

كالصواريخ التي تهاجم الشمس في وقت معين أو حتى أحد الكواكب (لابلاس ١٧٩٦). فمثل هذه المذنبات قد استطاعت اختراق الغلاف الجوي للأرض كالمذنب الذي سقط في سيبيريا في عام ١٩٠٨ ليدمر ويحرق حوالي ١٠٠٠٠ كيلو متر مربع من الغابات. ومن المتوقع كذلك أن تؤدي مذنبات أخرى إلى نتائج أشد تدميرًا.

نظرية الانفجار الكوني

١٩٥٠

أدى اكتشاف العالم أدوين هابل (١٩٢٩) فيما يتعلق باتساع الكون وابتعاد النجوم أو المجرات عن بعضها البعض إلى إثارة الكثير من الأسئلة عن ماضي هذا الكون. فإذا كنت تشاهد فيلم فيديو عن قصة نشأة الكون، فإنك ستشاهد الكون ينهار وأن كل كتل المواد والإشعاع تتجمع معًا على هيئة كرة نارية كبيرة جدًا ذات كثافة لانهائية. يعتقد كثير من علماء الفلك الآن أن الكون بدأ بهذه الكيفية، سواء من خلال نقطة ارتفاع الكثافة إلى ما لا نهاية أو من خلال الثقب الأبيض (وهو الثقب الافتراضي الذي يُعتقد أنه بداية لنشأة الكون) - (١٩١٦). وفي عام ١٩٥٠، تأمل العالمان الأمريكيان رالف ألفر وجورج جاموف الآثار التي قد خلفها الانفجار الكوني بخلاف المجرات المتباعدة والأجيال القديمة من هذه المجرات.

كما ناقش ألفر وجاموف إمكانية تحول الأشياء الأولية التي انبثقت من هذا الانفجار، بعد تمددها وانخفاض درجة حرارتها، إلى بروتونات ونيوترونات. ويمكن لهذه الأشياء التجمع معًا لتكوين نوى الذرات الخفيفة، مثل الهيدروجين والهيدروجين الثقيل (الديوتريوم) والهليوم. كما أظهرت العمليات الحسابية أنه لن يكون هناك وقت كافٍ لتكوين ذرات أثقل، حيث تكونت كل العناصر الأخرى داخل النجوم (بيث وفون وايسزاشر ١٩٣٨). ويؤدي تحليل الضوء المنبعث من النجوم باستخدام علم الطيف إلى إظهار كمية الديوتريوم، مما يوضح مدى سرعة اتساع الكون في بدايته، بالإضافة إلى توضيح مقدار درجة حرارته.

لكن مع هذا لم يتفق الجميع على هذه النظرية. فمنذ فترة الخمسينيات في القرن العشرين، كان لعالم الفلك الإنجليزي فريد هويل والعالمين الأمريكيين هرمان بوندي وتوماس جولد نظرية مختلفة تمامًا عن النظرية التي سبق ذكرها. فقد ذكر جميعهم أن الكون لم يكن له بداية مطلقًا بالحجم الضخم الذي نعرفه عنه حاليًا. فبما أن المجرات تتباعد عن بعضها بمقدار ثابت، فإنه يمكن أن تتكون مجرات جديدة في الفضاء الذي يتخلل المجرات المتباعدة. ونظرًا لحماسته الشديدة، أطلق العالم هويل اسم الانفجار الكوني على الرؤية السابقة لنظريته.

لكن سرعان ما ظهرت أدلة مهمة بخصوص ذلك الموضوع بعد ذلك. فقد قضى الإنجليزي مارتين رايل الحرب في تطوير أجهزة رادار لتعقب حركة الطائرات. ثم عاد بعد ذلك إلى جامعة كامبريدج لكي يؤسس علم الفلك الإشعاعي، في أعقاب اكتشاف العالمين الأمريكيين كارل جانسكاي وجروت ريبر (جانسكاي ١٩٣٢) أن الإشارات اللاسلكية كانت تصل إلى الأرض من الفضاء. وقد عثرت التليسكوبات الإشعاعية الخاصة بهذا العالم في الحال على مئات بل وآلاف من المصادر الإشعاعية في الفضاء، متمثلة في الأجسام دقيقة الحجم في الفضاء السحيق، حيث لا يمكن رؤية معظمها من خلال التليسكوبات العادية، ولكنها تبعث ضوضاء إشعاعية. وقد بدا أن هذه المصادر منتشرة عبر الفضاء، تمامًا مثل المجرات، وقد يكون بعضها مجرات بالفعل. وبحلول عام ١٩٥٨، توصل العالم رايل وفريق العمل التابع له إلى بعض الإحصائيات عن هذه المصادر، مما أدى إلى إزعاج الناس والعلماء الذين يعتقدون في سير الكون على نسق هادئ وثابت.

بافتراض أن المصادر الأقوى كانت قريبة وأن المصادر الأضعف كانت بعيدة، وجد العالم رايل ضعف المصادر الأضعف كما توقع مرتبطة بعلاقة نسبية مع عدد المصادر الأكثر قوة. وبدا أن المصادر الأضعف (البعيدة) كانت تقترب إلى حد ما من بعضها البعض (في ظل مساحة معينة من الفضاء) أكثر من درجة اقتراب المصادر الأقوى. كما أن المصادر البعيدة كانت أيضًا تتسم بتأخر زمنها (حيث يستغرق الضوء فترات زمنية طويلة في أثناء انتقاله)؛ وبالتالي، مثلت هذه المصادر الكون كله عندما كان لا يزال في بداية تكوينه. يتناسب ذلك

الاقتراح مع نظرية الانفجار الكوني، التي تنص على قيام المجرات بالتباعد فيما بينها بمرور السنوات على هذا الكون، ولكنه لم يتناسب مع النظرية التي تنص على الحالة الثابتة والمنتظمة التي يتسم بها الكون.

بحلول عام ١٩٦٠، كانت نظرية الانفجار الكوني تلقى درجة كبيرة من القبول في مختلف الأوساط العلمية والثقافية بما يفوق نظرية استقرار الكون. ومنذ ذلك الوقت، كان هذا الموضوع مطروحًا للمناقشة، حيث كان هناك المزيد من النظريات والآراء في هذا الصدد (١٩٦٥).

أهم إنجازات تكنولوجيا القرن العشرين

بمجرد استهلال القرن العشرين، زادت سرعة التطور التكنولوجي - الذي كان مزدهرًا بالفعل - بصورة ملحوظة. وقد ظهرت آثار هذا التطور التكنولوجي في كل منحى من مناحي المجتمعات الصناعية. ولم تظهر هذه الآثار فقط في اختراع الآلات والأجهزة الحديثة، ولكن هذه الأجهزة كانت تُشترى وتُستعمل بمعدلات مرتفعة في المنازل والمكاتب والمصانع والمزارع. لم يشهد تاريخ البشرية كله مثل هذه الفترة التي شهدت تطورًا تكنولوجيًا هائلاً.

لقد ظهرت بعض الاختراعات والاكتشافات الحديثة لأول مرة في العقود الختامية للقرن التاسع عشر، مثل اختراع السيارات والأفلام والتليفون وأشعة إكس والراديو والمواد التركيبية الصناعية والصوت المسجل وتوليد الكهرباء بشكل واسع النطاق. وخلال الخمسين سنة التي تلت عام ١٩٥٠، انتشرت كل هذه الاختراعات في جميع دول العالم تقريبًا. كذلك، فقد ظهر العديد من مظاهر التكنولوجيا في هذا القرن، بما يتضمن صناعة الطائرات والطيران والصناعات الإليكترونية والتليفزيون والطاقة النووية والسفر للفضاء والطرق الهائلة التي لا حصر لها لمعالجة المعلومات ونشرها، حيث يعتبر ذلك العنصر الأخير أكثر الاختراعات تأثيرًا من بين كل العناصر التكنولوجية الأخرى.

كان السبب في حدوث كل هذه التطورات التكنولوجية هو اجتماع الكثير من العوامل مع بعضها البعض. فقد زادت الإنتاجية في كل الصناعات، ويرجع معظمها إلى ظهور التكنولوجيا الجديدة. نتج عن تلك التكنولوجيا الجديدة اكتشاف مصادر أخرى أسهمت بشكل أكبر في تطوير هذه الأنواع من المخترعات الجديدة إلى أشكال أكثر تطورًا وتقدمًا من حيث عوامل متعددة مثل رخص ثمنها وسهولة استعمالها والأمان التي توفره لمستخدمها والقدرة الأكبر على القيام بالغرض التي خصصت من أجله وتقليل التلوث والنفايات الصادرة عنها. وعلى أية حال، فقد ظهرت هذه المخترعات قبل مراعاة الاعتبارات البيئية والاجتماعية بعقود كثيرة.

بوجه عام، وفر المصنعون والمنتجون الأشياء التي كان الناس يحتاجونها، فضلاً عن قدرتهم على شرائها. وقد استجاب المستهلكون لذلك من خلال رغبتهم في شراء الأشياء التي لم يحلموا على الإطلاق بامتلاكها ذات يوم. وأدت الرغبات المتزايدة إلى تقليل أسعار هذه

المنتجات وزيادة حجم الطلبات عليها بالإضافة إلى زيادة الشراء للحصول على أحدث المنتجات التكنولوجية التالية في السوق.

في الوقت نفسه، تم الاهتمام بتطوير التكنولوجيا وتدعيمها بشكل مكثف عن طريق العلم. وكان ذلك الاتجاه قد بدأ في القرن التاسع عشر، ليمثل بذلك اتجاهًا معاكسًا للقرون السابقة. ساهم الإدراك الأفضل لما يحدث في الطبيعة – في مجالات مثل الطاقة والمادة والنظم البيولوجية – في زيادة فعالية عملية التجديد والتطوير التكنولوجي. وأصبحت هذه الاختراعات العلمية أكثر اعتمادًا على الإدراك والفهم العلمي، والذي يتم التعبير عنه غالبًا من خلال مادة الرياضيات بدلاً من الاعتماد على الطرق التقليدية للمحاولة والخطأ.

لكل هذه الأسباب، لا بد ألا تحتوي قائمة اكتشافات القرن العشرين على كل الاختراعات التي تم التوصل إليها؛ حيث إن هناك العديد من الاكتشافات للاختيار فيما بينها: الإشارات اللاسلكية الأولية عبر المحيط الأطلنطي (١٩٠١) والقيام بأول رحلة طيران باستخدام طائرة أثقل من الهواء (١٩٠٣) واختبار معدل الذكاء للعالم بينيه (١٩٠٥) والصمامات اللاسلكية الثلاثية (١٩٠٦) وإشارات النيون (١٩١٠) والإنتاج الضخم بالجملة للسيارات على يد هنري فورد (١٩١٤) واستخدام البث الإذاعي التجاري (١٩٢٠) والأفلام الملونة (١٩٢٢) والأطعمة المجمدة السريعة (١٩٢٤) والأفلام السينمائية الناطقة (١٩٢٧) والبنسلين (١٩٢٨) وموجة الراديو مضمنة التردد (١٩٣٣) والأضواء الفلورية ومصابيح بخار الصوديوم (١٩٣٥) والرادار (١٩٣٥) والبث التليفزيوني (١٩٣٦) وأقلام الحبر (١٩٣٦) والنايلون (١٩٣٧) والمحركات النفاثة (١٩٣٧) وآلات تصوير الورق (١٩٣٨) وطائرات الهليكوبتر (١٩٣٩) والمبيد الحشري (١٩٣٩) والرئات المائية (١٩٤٢) وبعض أنواع العقاقير المخدرة (١٩٤٣) وأفران المايكروويف (١٩٤٥) والقنبلة الذرية الأولى (١٩٤٥) والقبب الجيوديسية (١٩٤٨) والقهوة سريعة الذوبان (١٩٤٩). وبالرغم من ذلك، فإن كل ما سبق لا يغطي فقط سوى منتصف القرن العشرين.

بحلول منتصف فترة الخمسينيات من القرن العشرين، تعرَّف العلماء على العديد من المسارات التكنولوجية التي تؤدي لمزيد من الاختراعات والاكتشافات. تم الاعتماد على الكهرباء (التي يتم الحصول على معظمها بواسطة حرق الفحم)، كما تم استعمال المنتجات البترولية كمصادر أساسية للطاقة. كما زادت الطائرات حجمًا وسرعةً متمثلة في المحركات

النفاثة. وانتشرت السيارات في كل مكان وتم شق وحفر العديد من الطرق السريعة المخصصة لسير تلك السيارات. وأصبحت العملية الزراعية أكثر اعتمادًا على الآلات وغادر الكثير من الأيدي العاملة الأرض التي كانوا يعملون فيها. وانتشرت كذلك الأجهزة المنزلية التي تقلل من الوقت والجهد المبذولين. وأصبحت التكنولوجيا الحديثة أرخص سعرًا وأكثر تداولاً بين الناس، حيث تعطي مميزات وخدمات أكثر في مقابل أسعار أقل من سابقتها، ولكنها غالبًا ما تفرض بعض التكاليف غير المحسوبة من قبل. وقد وجدت حكومات الدول الأمر ضروريًا لفرض قواعد ولوائح أكثر تشددًا من أجل حماية صحة البشر والبيئة.

تمثل العامل الأشد تأثيرًا للقيام بعملية التغيير التكنولوجي في ظهور ما يعرف بتكنولوجيا المعلومات. فقد ساهمت القرون السابقة في اختراع التلغراف والتليفون، والآلات الحسابية والآلات الكاتبة، ولذلك يمكننا أن نقول إن تكنولوجيا المعلومات لم تنبثق من العدم، فقد كان هناك العديد من الأمور التي تبشر بقدومها. إلا أن اختراع الترانزستور في عام ١٩٤٧ واستخدام الخلايا الإليكترونية الأولية به والتي ظهرت بعده بحوالي عقد كامل، قد أعلن بداية التحول الجذري لكل الأشياء تقريبًا التي نقوم بها.

كذلك، فقد قلت أحجام أجهزة الكمبيوتر وقلت تكلفتها عما سبق، ولكنها ازدادت من حيث إمكانياتها وسهولة استعمالها. وبحلول فترة الثمانينات من القرن العشرين، تم العثور على عدد هائل من الاستخدامات اليومية للرقائق الإليكترونية، ليس فقط من خلال أجهزة الكمبيوتر الشخصية الأولى بكل ما تحتويه من برامج تخزينية، ولكن أيضًا من خلال التليفونات المحمولة وكاميرات الفيديو والأقراص المدمجة وأجهزة تصوير الورق وأجهزة التشخيص الطبية وأجهزة التليفونات الداخلية في المكاتب.

كذلك، فقد توصلت تكنولوجيا المعلومات إلى ارتباط وثيق بتكنولوجيا الاتصالات التي تستعمل الأشعة تحت الحمراء المرسلة من خلال خلايا زجاجية، حيث تسمى هذه التكنولوجيا حاليًا بتكنولوجيا الاتصالات والمعلومات. جعلت هذه التكنولوجيا الجديدة عمليات تجميع المعلومات ومعالجتها وتخزينها ونقلها وعرضها في كل الصور أمرًا رخيصًا من حيث التكلفة، كما جعلتها غاية في السرعة لدرجة أنك تشعر أنها لحظية، كما أن هذه العمليات أصبحت من خلال هذه التكنولوجيا الحديثة أمرًا سهلاً جدًا يتيح لأي شخص استعمالها بسهولة. وبحلول نهاية القرن

العشرين، كان الاتجاه يميل إلى الاهتمام بربط الشبكات وتجميع مهام كثيرة في جهاز واحد، بحيث يمكن من خلاله الاتصال بشبكة الإنترنت لمضاعفة الاستفادة من إمكانيات الجهاز بمقدار آلاف المرات.

في العقود الختامية للقرن العشرين، ظهر نوعان جديدان من التكنولوجيا ينافسان تكنولوجيا الاتصالات والمعلومات من حيث تأثيرهما المحتمل على الحياة الإنسانية. واعتمد علم التقنية الحيوية بشكل كامل على الفهم الجديد لعلم الوراثة ووظيفة الحامض النووي، وهناك أيضًا تكنولوجيا النانو التي تعني باكتشاف ما نعرفه عن مسار الأجسام الأكبر قليلاً من حجم الذرات. ففي الوقت الذي ينبغي فيه على كل شخص أن يستفيد من استخدام تكنولوجيا الاتصالات والمعلومات، كان كل من علمي الوراثة وتكنولوجيا الأجسام الدقيقة يواجهان وقتًا عصيبًا في محاولة اكتساب قبول عند الأغلبية العظمى من شعوب العالم.



١٩٥١ - ٢٠٠٠

أوضاع العالم في تلك الفترة

عقب الاضطراب والدمار الشامل الذي خلفته الحرب العالمية الثانية، عانت الدول الأوروبية من صراع آخر جديد من نوعه، ألا وهو "الحرب الباردة". فقد أدت هذه الحرب إلى تقسيم القارة الأوروبية، وكذلك الكثير من دول العالم، إلى معسكرين مسلحين يفصل بينهما الستار الحديدي وتدعمهما القوة العسكرية للقوتين العظمتين المتمثلتين آنذاك في الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد السوفيتي. وقد تصاعدت حدة التوتر مع الانتشار المخيف لاثنين من أخطر الأسلحة التكنولوجية التي ظهرت نتيجة الحرب العالمية الثانية، وهما الأسلحة النووية والصواريخ القادرة على إرسال تلك الأسلحة عبر مئات بل وآلاف من الكيلو مترات.

إن التهديد بالدمار المؤكد لكلا الطرفين ربما منع الجانبان المتحاربان من الصراع المباشر. إلا أن هذا الضغط نتج عنه انفجار في أماكن أخرى من العالم، مثل الحرب الكورية (١٩٥٠ – ١٩٥٣) وأزمة الصواريخ الكوبية (١٩٦٢). وقد انتهى هذا الموقف أخيرًا بانهيار الاتحاد السوفيتي. غالبًا بسبب وجود ضعف في الأمور الداخلية في حوالي عام ١٩٩٠.

بعد ذلك، ظهر اتجاهان رئيسيان آخران أثرا على الدول الأوروبية. كان الأول متمثلاً في ضياع الإمبراطوريات الأوروبية عبر البحار؛ حيث نالت المستعمرات الموجودة بأفريقيا وآسيا استقلالها عن كل من فرنسا وبريطانيا والبرتغال وبلجيكا وهولندا. كما ضاعت ممتلكات ألمانيا عبر البحار بعد هزيمتها في الحرب العالمية الأولى. هذا بالإضافة إلى انهيار الإمبراطورية الأسبانية منذ زمن بعيد.

في الوقت نفسه، بدأت الدول الأوروبية في السعي إلى تشكيل وحدة تنظيمية ظهرت قبل ذلك (ولكنها لم تدم طويلاً) كنتيجة مترتبة على الحملات العسكرية لكل من نابليون وهتلر. وبدأت المؤسسات العالمية في الظهور، بدءًا باتحاد الجمارك للسوق المشتركة في عام ١٩٥٤والذي ضم كلاً من فرنسا وألمانيا وإيطاليا واتحاد بينلوكس.

مع نهاية القرن، ظهر اتحاد أوروبي على نطاق أوسع وأكثر شمولاً، وانضم إليه خمسة عشر عضوًا من الدول الأوروبية كما قام بوضع سياسية تم تنسيقها بين الدول الأعضاء لتشمل جوانب عديدة، وقد انضم إليه العديد من الدول الأخرى في وقت مبكر من القرن الحادي والعشرين. وعلى الرغم من أن الكثير من نقاط الخلاف كانت لا تزال موجودة، فقد كان من الواضح أنه من غير المحتمل أن تلجأ الدول الأوروبية إلى خيار الحرب مرةً أخرى.

استطاعت ألمانيا التغلب على الفوضى العارمة التي عانت منها بعد انتهاء الحرب بفضل المساعدات الهائلة التي قدمتها لها الولايات المتحدة لتصبح ضمن القوى الاقتصادية العظمى مرةً أخرى. فبعد سقوط سور برلين في عام ١٩٨٩، اتحدت ألمانيا الغربية مرةً أخرى مع ألمانيا الشرقية التي كانت تقع تحت سيطرة الاتحاد السوفيتي في السابق. وكقوى منتصرة. استغرقت كل من بريطانيا وفرنسا وقتًا طويلاً لتتعافى من تبعات الحرب. وبعد عقود من الحكم الفردي، عادت الديمقراطية مرةً أخرى إلى أسبانيا والبرتغال واليونان، مثلما حدث بالفعل في ألمانيا وإيطاليا بعد هزيمة الفاشية.

لقد كان التعاون الدولي بالفعل قويًا في المجال العلمي، حيث استمر هذا التعاون لقرون عدة. نظرًا لاتساع نطاق استخدام الوسائل البحثية وارتفاع تكلفتها، قامت الدول بتجميع الموارد، ونتج عن ذلك تأسيس وكالة الفضاء الأوروبية والمرصد الأوروبي الجنوبي وتجربة توراس الأوروبية المشتركة (الخاصة بالدراسات المتعلقة بالاندماج النووي) والمعمل الأوروبي للجسيمات الفيزيائية الكبير بالقرب من جنيف (مكان نشأة الإنترنت) وكثير من البرامج والمنشآت المشتركة الأخرى.

مع مرور سنوات القرن العشرين، تغيرت الكثير من الأمور. فقد شهدت أوروبا، وكذلك كثير من دول العالم، ازدهارًا في مستوى المعيشة، إلى جانب مواجهة التحديات الكبرى فيما يتعلق بالصحة البيئية والانتشار الهائل للتكنولوجيا، خاصةً في مجال الاتصالات والنقل. بالإضافة إلى ظهور بعض الحركات مثل الحركات النسائية والحركات التي تنادي بالحرية المطلقة. ساد الاضطراب داخل المجتمعات، حيث سعت كثير من الشعوب إلى اتباع أساليب حياتية أنماط اعتقاد بديلة. في ظل هذا المناخ، ازدهر العلم، على الرغم من خضوعه بصورة متزايدة لفحص واستجواب العامة.

فنون وأفكار

شهدت العقود الأخيرة من القرن العشرين حياة مليئة بالحركات الإبداعية والأفكار الجديدة. بظهور كتاب راشيل كارسن تحت عنوان Silent Spring في عام ١٩٦٣، والذي تذكر فيه بالتفصيل آثار استخدام المبيد الحشري المعروف باسم (DDT) على الحياة البرية، أعطى ذلك إشارة البدء لحركة الحفاظ على البيئة، والتي تعد من أكثر القوى المؤثرة في ذلك الوقت.

كما تعد حركة حماية حقوق المستهلك، التي نادى بها الأمريكي رالف نادر في الهجوم الذي شنه عام ١٩٦٥ على صناعة السيارات في كتابه Unsafe at Any Speed، إحدى القوى الكبرى المؤثرة آنذاك. وقد توهجت الحركة النسائية بعد ظهور مقال The Female Eunuch (١٩٧٠) الذي كتبته الكاتبة الأسترالية جيرمين جرير.

كذلك، فقد انبثقت غيرها من الأفكار القوية والمتباينة في الغالب من بعض الكتاب الأمريكيين أمثال جون كينيث جالبريث (من أهم أعماله The Affluent Society) وميلتون فريدمان (من أهم أعماله Capitalism and Freedom) وجيرد دياموند (من أهم أعماله Guns, Germs and Steel) والألماني أرنست شومخر (من أهم أعماله Small Is Beautiful) والكندي مارشال ماكلوين الذي استطاع إدراك دور الإعلام من خلال عمليه The Medium is the Message وUnderstanding Media.

بالمثل، كان المجال الأدبي متنوعًا ووفيرًا. وللمرة الثانية، كان كُتاب الروايات الأمريكيين هم الرواد، من بينهم: جيروم دافيد سالينجر (من أهم أعماله Catcher In The Rye) وترومان كابوتي (من أهم أعماله In Cold Blood) وتوم وولف (من أهم أعماله The Bonfire of the Vanities) وفلاديمير نابوكوف (من أهم أعماله Lolita) وإريكا جونج (من أهم أعمالها Fear of Flying)، ومن بريطانيا جون رونالد رويل تولكين (من أهم أعماله The Lord of the Rings) ووليم جولدينج (من أهم أعماله The Lord Of the Flies) وأنتوني بورجيس (من أهم أعماله A Clockwork Orange) وبالارد (من أهم أعماله The Empire of the Sun)، ومن روسيا بوريس باسترناك (من أهم أعماله Dr Zhivago)، وهناك بعض الأمثلة الأخرى في الأدب الفرنسي مثل: فرانسوا ساجان (من أهم أعماله Bonjour Tristesse) والأدب الألماني:

جونتر جراس (من أهم أعماله The Tin Drum) والأدب الإيطالي: أومبيرتو إيكو (من أهم أعماله The Name of the Rose) والأدب الأسترالي: باتريك هوايت (من أهم أعماله Voss) وتوماس كينيلي (من أهم أعماله Schindler's Ark).

أما بالنسبة لكتاب المسرح البارزين فمنهم الكاتب الأيرلندي دايلان توماس (من أهم أعماله Under Milk Wood) وبريندان ديان (من أهم أعماله The Hostage) وصموئيل بيكيت (من أهم أعماله Waiting for Godot) ومن الكتاب الإنجليز جون أوزبورن (من أهم أعماله Look Back in Anger) وتوم ستوبارد (من أهم أعماله Rosencrantz and Guildenstern Are Dead) ومن الولايات المتحدة نيل سيمون (من أهم أعماله The Odd Couple) ومن فرنسا يوجين يونسكو (من أهم أعماله Rhinoceros).

في مجال الموسيقى، اعتمدت الموسيقى الكلاسيكية، كتلك التي تعزف بالأوبرا، في الغالب على الإنجليزي بينيامين بريتين، بينما اتجه الأمريكان جون كيج وفيليب جلاس نحو الأنماط الموسيقية الأكثر حداثة مثل التبسيطية (مدرسة في الموسيقى المعاصرة تتميز بتبسيط النغمات والتكرار الوتري واللحني المطول). وفي نهاية القرن العشرين، اتجه معظم المؤلفين الموسيقيين إلى كسب قوت حياتهم من تأليف الموسيقى التصويرية لبعض الأفلام. وبالنسبة للمسرح الموسيقي، اتبع كل من ستيفن سوندهايم وأندرو لويد ويبر نهج رودجرز وهامرشتاين وليرنر ولوو في الموسيقى.

أما موسيقى الجاز، فقد ظلت تضيف إلى الأساسيات التي وضعت على مدار الخمسين عامًا الماضية، لتظهر في صور جديدة. فعلى سبيل المثال، ظهرت موسيقى "الروك آند رول" في خمسينيات القرن العشرين وغيرت شكل الموسيقى الشعبية تمامًا. كما ظهرت أنواع أخرى من الموسيقى بقوة مع زيادة الرخاء وظهور التكنولوجيا الحديثة. لقد كان فريق موسيقى البوب البريطاني المعروف باسم "البيتلز"، والذي ظهر في ستينيات القرن العشرين يمثل ظاهرة عالمية، إلا أن ذلك كان مجرد بداية لظهور الكثير من الأشكال المستحدثة الأخرى في مجال الموسيقى.

العلوم المتطورة عظيمة الشأن

تعد الفترة الأخيرة من القرن العشرين بمثابة عصر "العلوم عظيمة الشأن"، فهي عظيمة الشأن في امتدادها للكثير من المناطق الجغرافية المختلفة وكذلك في مواردها وفي مجال المعدات والاستكشافات الخاصة بها وفي عدد الباحثين وحجم الفرق البحثية وفي عدد الأسئلة المطروحة والنتائج المترتبة على الإجابات. إن الروح المحبة للاستطلاع التي ظهرت بين الفلاسفة ورجال الدين والفيزيائيين منذ ما يقرب من خمسمائة عام أصبحت الآن مشروعًا عالميًا يتضمن ملايين الأفراد ويلقى الدعم من جانب الحكومات ورجال الأعمال مثلما يلقاه من جانب فضول الأفراد.

إن معظم الدول التي لها صلة بتقاليد أوروبا الغربية أصبحت الآن جزءًا من المشروع العلمي، بما في ذلك الدول الأكثر تقدمًا في آسيا والأمريكتين والدول التي تطل على المحيط الهادئ، مثل اليابان وأستراليا وكندا. كما بدأت بعض الدول النامية مثل الصين والهند في أن تكون ذات تأثير على الرغم من أن وقت تأثيرها لم يحن بعد. لقد كانت الدول الأوروبية جميعها تعمل بجد، بيد أن مكان جذب الأبحاث، الذي يتسم، إذا صح القول، بالتوزيع الجغرافي لجوائز نوبل، أصبح الآن متوطدًا في الولايات المتحدة الأمريكية.

على الرغم من ضخامة حجم المجال العلمي وتنوعه على مدار نصف قرن، كانت هناك بعض الأطر المتضافرة والقوية المتمثلة في الكشف عن أسرار الشفرة الوراثية، مما أدى إلى معرفة الآلية المتأصلة للوراثة البيولوجية وإمكانية تطبيق علم التقنية الحيوية، فضلاً عن ظهور أدلة أكثر على أبعاد الكون الذي يحيط بنا وتاريخه ووجود نماذج أكثر شمولاً تشرح عمل المادة في مستوياتها الأساسية، بالإضافة إلى وصف تاريخ تطور الإنسان بصورة أكثر وضوحًا ووجود نظرة أكثر تعمقًا فيما يتعلق بأصل الحياة وديناميكيات الكوكب الذي نعيش عليه.

من ناحية أخرى، استمر نطاق استخدام الأجهزة وتنظيم الأبحاث في التقدم بصورة هائلة في كثير من المجالات العملية. فعلى سبيل المثال، كان مشروع دراسة التكوين الوراثي البشري مشروعًا عالميًا بلغت تكلفته مليار دولار – على الرغم من أن معظم الأبحاث التي

شاركت في هذا المشروع جاءت من الولايات المتحدة- وقد اعتمد هذا المشروع على جيل جديد من التكنولوجيا التحليلية. كما تم تطوير التليسكوبات الأكثر فعاليةً وتعقيدًا لرصد الضوء المرئي والموجات الإشعاعية وغيرها من أشكال الطاقة الأخرى التي تأتي إلينا من الكون. وقد بلغ حجم أكبر تليسكوب فلكي تم تشغيله في عام ٢٠٠٠ ضعف حجم التليسكوب الذي تم تسجيله في عام ١٩٥٠، كما أنه أكبر من أي تليسكوب آخر كان يُستخدم في عام ١٩٢٠ بمقدار أربع مرات. وفي عام ٢٠٠٠، تم إطلاق الكثير من الآلات في الفضاء لتدور في مدارات حول الأرض بغرض الحصول على رؤية أكثر وضوحًا، وأشهر هذه الآلات المعروفة هو تليسكوب هابل الفضائي، كما تم إطلاق مراكب استكشافية مجهزة لاستكشاف المجموعة الشمسية. وقد تم تدعيم جميع هذه المشروعات بواسطة نظم كمبيوتر فعالة قادرة على تخزين المعلومات وتحليلها وعرضها.

لقد حدث التطور نفسه لتلك الآلات التي تقوم بفحص التركيب الداخلي للمادة. لكن، التكلفة الباهظة لمثل هذه المعدات أنهكت ميزانيات الدول، مما أدى إلى مشاركة المزيد والمزيد من الدول في المشروعات العلمية، هذا بجانب الرغبة في تجنب التكرار الذي ينتج عنه إهدار للمال ولا طائل من ورائه. ومثال على هذا التعاون الذي حدث في وقت مبكر، مشروع السنة الجيوفيزيائية الدولية (International Geophysical Year – IGY)، والذي استمر بالفعل حوالي ثمانية عشر شهرًا في عامي ١٩٥٧ و١٩٥٨. وقد تزامن هذا المشروع (وتم تشجيعه إلى حد ما) مع الانطلاقة الأولى للأقمار الصناعية في مدار الأرض.

من المشروعات الأولى المماثلة لهذا المشروع، مشروع الشبكات الدولية لتدوين الملاحظات المتعلقة بمرات مرور كوكب الزهرة الذي تم تنظيمه في القرن الثامن عشر من قبل الأكاديميات العلمية في إنجلترا وفرنسا. أما الآن، فقد أصبحت الحكومات هي التي تتولى مثل هذا التعاون. وقد تعاونت كثير من الدول في مجال البحث العلمي للتعرف على كوكب الأرض ونظمه الكثيرة بصورة أفضل. فعلى سبيل المثال، تم القيام بجولات بحرية كبيرة بهدف دراسة العلوم البحرية والعلوم الخاصة بدراسة المحيطات وكل ما يحدث داخلها، كما تم ممارسة أول الأنشطة المهمة والمنسقة في القارة القطبية الجنوبية (أنتاركتيكا).

إسهامات يوجين أسرينسكي وناثانيل كلايتمان في دراسة النوم والأحلام

١٩٥٢

قبل حلول فترة الخمسينيات من القرن العشرين، كانت هناك قلة من الناس يعتقدون أن النوم مادة تستحق الدراسة. فالنوم هو الوقت الذي يتوقف فيه المخ عن العمل، مما يعني أنه إذا لم تكن ممن يعتقدون في أفكار فرويد فإن الأحلام لا معنى لها بالنسبة لك. فقد كانت أعين الأطفال الصغار تتحرك على ما يبدو تحت جفونهم في أثناء نومهم، إلا أنه لم يخطر ببال أحد أن البالغين يقومون بعمل الحركات نفسها.

في حقيقة الأمر، لم يشغل أحد باله بهذا الأمر. وكان أول من فكر في ذلك هو الأمريكي يوجين أسرينسكي، الذي كان يعمل مساعدًا فقيرًا في مجال البحث العلمي، حتى أنه لم يحصل على أية درجة علمية. عمل أسرينسكي لحساب ناثانيل كلايتمان، وهو أحد الباحثين الرواد في مجال دراسة النوم. وفي عام ١٩٥٢، واعتمادًا على حدسه، أحضر أسرينسكي بعض المعدات القديمة جدًا التي كانت تتعطل باستمرار وجعل ابنه أول الخاضعين لأبحاثه.

بتسجيل موجات المخ، وهي عبارة عن أنماط تدل على النشاط الكهربائي الذي يحدث داخل الرأس، اكتشف أنه في بعض الأوقات في أثناء النوم يكون المخ نشطًا مثلما يعمل ونحن في حالة من اليقظة. وبتوصيل بعض أجهزة الإحساس الأخرى بغرض رصد حركة عضلات العين (التي كان يعرفها من حركة عين الأطفال الصغار)، اكتشف أن الأشخاص النائمين الخاضعين للبحث الذين كانت أمخاخهم في حالة نشاط، كانت أعينهم تتحرك حركة سريعة باستمرار. وقد أطلق على هذا النوع من النوم اسم حركة العين السريعة (rapid eye movement أو ما يعرف اختصارًا باسم REM)، أما باقي أنواع النوم فكانت تخرج عن نطاق النوم ذي حركة العين السريعة، والتي تكون فيها موجات المخ بطيئة جدًا.

بعد ذلك تتابعت الاكتشافات. وقد اكتُشف حدوث تناوب بين فترات النوم الذي يتسم بحركة العين السريعة وبين أنماط النوْم الأخرى التي لا تتسم بحركة العين السريعة في دورة تستغرق تسعين دقيقة، تطول خلالها فترات حركة العين السريعة بمعدل ثابت. في أثناء

فترة النوم الذي يتسم بحركة العين السريعة، كانت أجسام الخاضعين للبحث في حالة من الشلل، فلم يستطيعوا التحرك. وقد اعتقد كلايتمان أنه ربما تكون هناك صلة بين هذا النوع من النوم الذي يتسم بحركة العين السريعة وبين الأحلام. لذا، فقد قام هو وأسرينسكي بإيقاظ الحالات الخاضعة للبحث واستفسرا منهم ما إذا كانوا قد رأوا أحلامًا في أثناء نومهم أو لا. وقد أقر حوالي ٨٠٪ من الأشخاص الذين كانوا يمرون بفترات النوم الذي يتسم بحركات العين السريعة أنه قد راودتهم بعض الأحلام في أثناء نومهم، بينما أقر ٢٠٪ فقط ممن مروا بفترات من أنماط النوم الأخرى التي لا تتسم بحركات العين السريعة أنه قد راودتهم أيضًا بعض الأحلام. في فترات النوم المتسم بحركات العين السريعة، كانت الأحلام مليئة بالحيوية وغريبة وبها الكثير من الحركات والقصص المعقدة، بينما اتسمت الأحلام في فترات أنماط النوم الأخرى غير المتسمة بحركات العين السريعة بأنها أكثر هدوءًا وثباتًا.

لذا، فإن النوم الذي يتسم بحركات العين السريعة يعد حالة ثالثة من الوعي، تتوسط بين اليقظة والنوم العميق وتتعلق بوجه عام بالأحلام (ولا تقتصر عليها). فمن المفترض أن حركات العين السريعة تقوم بالنظر إلى الأشياء التي نراها في الأحلام؛ حيث تكون أجسامنا في حالة شلل، ولذا لا نستطيع النهوض من الفراش ومطاردة أحلامنا داخل الغرفة.

لقد أثبت هذا البحث الرائد أن النوم يمثل أكثر من مجرد حالة من السكون أو الراحة. وقد استمرت الأبحاث بهذا الصدد لما يقرب من نصف قرن، على الرغم من عدم وجود اتفاق عام حول ماهية الأحلام وسببها.

اكتشاف آلة الكوزموترون

١٩٥٢

منذ ظهور علم الفيزياء النووية في وقت مبكر من القرن العشرين، سعى علماء الفيزياء إلى تقسيم المادة إلى جزأين باستخدام صواريخ من أنواع عدة. وقد قدمت الطبيعة أول مسبار كاشف تمثل في جسيمات ألفا المفيدة للغاية التي تطلقها بعض العناصر المشعة مثل الثوريوم. وعن طريق استخدام هذا المسبار، أثبت أرنست رذرفورد وزملاؤه أن للذرة نواة (١٩٠٩)، كما نجحوا في تحويل أحد العناصر إلى عنصر آخر لأول مرة (١٩١٩) واكتشاف النيوترون (معمل كافندش ١٩٣٢).

لكن جسيمات ألفا لم تكن فعالة بالقدر الكافي لإجراء تجارب أكثر تقدمًا. وكان الحل يكمن في استخدام "مسارع الجسيمات"، وهو عبارة عن آلة تستخدم جهدًا كهربائيًا عاليًا في قذف الجسيمات (البروتونات في أول الأمر) بقوة لتسقط داخل أنبوب مفرغ من الهواء نحو الهدف. بفضل تلك الآلات، استطاع كل من جون كوككروفت وأرنست والتون داخل معمل كافندش (١٩٣٢)، تفتيت الكثير من الذرات الخفيفة، بمعنى أنهما استطاعا "شطر" الذرة.

مع ذلك، فقد كانت آلات مسارع الجسيمات الخطية ذات إمكانيات محدودة؛ ولذا تم استبدالها بآلات أخرى تشبه حلبة السباق. وبهذا، أمكن زيادة سرعة وقوة حزم الجسيمات بدرجة كبيرة جدًا عن طريق إرسالها آلاف المرات لتدور حول ممر دائري، مع دفعها كل مرة تكمل فيها الدورة. في النوع الأول من هذه الآلات المعروفة باسم السيكلوترون، كانت الجسيمات تدور بشكل حلزوني إلى الخارج من مركز الصفائح المعدنية الكبيرة. وقد تم إنشاء هذه الآلات في جامعة باركلي بالولايات المتحدة الأمريكية تحت إشراف أرنست لورنس الحائز على جائزة نوبل. كانت تكلفة تعديل هذه الآلات مرتفعة للغاية، وقد نتج عنها التوصل إلى الكثير من التصميمات الجديدة. في بداية الخمسينيات من القرن العشرين، كانت آلة مسارع البروتونات الآلة المفضلة آنذاك، وقد ظلت هكذا لمدة خمسين عامًا، على الرغم من أن الآلات قد كبر حجمها بصورة مذهلة.

في مقدمة هذه الآلات كانت آلة الكوزموترون، وهي نوع من أنواع الآلات المسارعة للبروتونات، التي فتحت المجال أمام إتمام المزيد من المهام التجارية بالولايات المتحدة الأمريكية في عام ١٩٥٢. وقد بلغ عرض مدار الكوزموترون (وهو عبارة عن أنبوب مجوف على شكل الحلقة) حوالي عشرة أمتار وكان يقوم بإرسال الجسيمات المقذوفة إلى الأهداف باستخدام أكثر من مليار وحدة من الطاقة. وقد نجح المسارع الخطي الأول في استخدام ١٠٠٠٠٠ وحدة فقط. وبحلول تسعينيات القرن العشرين، تم استخدام آلات تفوق هذه الآلات آلاف المرات في القوة وفي عدد الكيلو مترات لعرض القطر الواحد. بلغت تكلفة هذه الآلات مليارات الدولارات واحتاجت إلى فرق مكونة من مئات الأشخاص لتشغيلها. ومنذ ذلك الحين، أصبحت الفيزياء النووية من العلوم عظيمة الشأن.

سعى علماء الفيزياء للحصول على كمية عالية من الطاقة لسببين اثنين: فالمسارع الأكثر فعالية يعمل بالقدر نفسه الذي يعمل به تليسكوب أكبر منه في الحجم، من حيث إنه يستطيع رؤية تفاصيل أدق والتعرف على صفات أكثر داخل المادة. لهذا السبب، فقد تم اكتشاف الجسيمات الأساسية الافتراضية الأولى والمعروفة باسم جسيمات "كوارك" داخل البروتونات والنيوترونات، وهي الجسيمات التي كان يعتقد مسبقًا أنه لا يمكن تقسيمها.

كما أن استخدام كميات كبيرة من الطاقة كان يعني أنه يمكن تحضير جسيمات جديدة. مثلما تم تحضير البوزترونات والإليكترونات من طاقة الأشعة الكونية (ديراك ١٩٢٨). فعن طريق استخدام هذه الآلات، أصبحت جسيمات "كوارك" والجسيمات الغريبة الأخرى حقيقة واقعة حيث أمكن تحضيرها داخل المعمل (١٩٩٦). وقد كان الكوزموترون له السبق في هذا المجال. ففي عام ١٩٥٥، قام الكوزموترون بتحويل طاقة أشعته إلى مادة، لكي يعمل بذلك على تحضير أزواج من البروتونات ومضادات البروتونات — وهي الجسيمات التي ربما تقوم بتدمير بعضها البعض إذا ما تم الجمع بينها.

إسهامات ستانلي ميلر وهارولد يوري في علم الكيمياء

١٩٥٣

في عام ١٩٥٣، قام عالم الكيمياء الحيوية الأمريكي الشاب ستانلي ميلر بملء قارورة زجاجية ببعض الغازات الأساسية: بخار الماء وغاز الميثان والأمونيا والهيدروجين. وكان المشرف على ميلر، عالم الكيمياء الرائد هارولد يوري، يعتقد أنه ربما تكون هذه الغازات هي الغازات التي كانت شائعة في الغلاف الجوي عند بداية تكوين الأرض. ثم قام ميلر بعد ذلك بإطلاق شرارة كهربائية في هذا الخليط على مدار عدة أيام. وعندما بردت الغازات جميعها، اكتشف احتواء القارورة على مركبات كيميائية أكثر تعقيدًا، من بينها الأحماض الأمينية الجليسين والألانين. فبجانب عشرين مركبًا آخر تقريبًا، تعد هذه المركبات هي الوحدات الأساسية للبروتينات التي تتكون منها جميع الكائنات الحية والتي (مثلها مثل الإنزيمات) تزيد من سرعة إتمام العمليات الكيميائية بما يكفي للحافظ على الكائنات الحية.

قام كل من ميلر ويوري بإجراء تجاربهما للعمل على الرقي بالجدل القائم حول أصل الحياة، وقد نجحت هذه التجارب بالفعل في هذا الصدد. وتعتبر هذه التجارب على الدرجة نفسها من الأهمية المتعلقة بالاكتشاف الذي توصل إليه فريدريك فولر في عام ١٨٢٨؛ حيث اكتشف أن المركب الكيميائي الذي تقوم الكائنات الحية بإفرازه والمعروف باسم اليوريا يمكن الحصول عليه ببساطة عن طريق إعادة ترتيب الذرات في مركب كيميائي آخر لا يرتبط تمامًا بالحياة يعرف باسم سيانات الأمونيوم. وقد تم تجديد وتطوير تجربة العالمين ميلر ويوري مرات كثيرة، مع إضافة أشعة الضوء فوق البنفسجية وأشعة إكس إلى الخليط لتوفير مزيد من الطاقة وتحفيز الجزيئات على الاندماج. لقد تم تحضير مركبات كيميائية أكثر تعقيدًا، مثل السلاسل القصيرة للأحماض الأمينية المعروفة باسم مركبات الببتيد المتعددة.

لذا، يبدو من المعقول الاعتقاد بأن المركبات الكيميائية اللازمة لبناء أجسام الكائنات الحية من الممكن أن تكون قد تكونت على كوكب الأرض من خلال عمليات فيزيائية وكيميائية عادية حدثت في الأيام الأولى من حياة الأرض. لا شك أن هذه كانت هي نقطة البداية فقط، حيث توجد الكثير من الخطوات، التي لا نفهم الكثير منها الآن، تقف بين الأحماض الأمينية وأبسط الخلايا الحية.

اكتشاف جيمس واتسون وفرنسيس كريك للشفرة الوراثية

١٩٥٣

ربما يرى الكثيرون أن الاكتشاف الخاص بالشفرة الوراثية في عام ١٩٥٣، الذي توصل إليه العالم الأمريكي والعالم البريطاني فرنسيس كريك بالعمل معًا في معمل كافندش في كامبريدج، هو أكبر اكتشاف علمي في القرن العشرين. من المؤكد أن العثور على بناء للمركب الكيميائي الوراثي المعروف باسم الحامض النووي (DNA) كان له أهمية بالغة، فبفضل هذا الاكتشاف استطعنا التعرف على رموز شفرة الصفات الوراثية الكاملة المسئولة عن تكوين الكائنات الحية جميعها، بما فيها الإنسان (١٩٩٠)، الأمر الذي نتج عنه التوصل إلى أنواع جديدة وفعالة من علم التقنية الحيوية.

لهذا الاكتشاف تاريخ طويل يرجع على الأقل إلى الاكتشافات التي توصل إليها كل من جوهان ميشر وولتر فليمينج، حيث قاما باكتشاف الحامض النووي الموجود داخل نوى الخلايا في عام ١٨٦٩. وبعد فترة من الزمن، جاء أروين تشارجاف (١٩٥٠) بقوانينه التي تنص على أنه دائمًا ما تكون الوحدات الكيميائية الأساسية (التي تشكل القواعد الأربع) بالحامض النووي (DNA) مجتمعة مع بعضها البعض: الأدينين مع الثيمين والجوانين مع السيتوزين. من ناحية أخرى، قام بعض العلماء باستخدام أشعة إكس لاكتشاف كيفية تجمع البروتينات مع بعضها البعض، وقد اكتشفوا أن كثيرًا من البروتينات كانت مجتمعة على شكل زنبرك (نابض) حلزوني.

إلى جانب هذا الإنجاز العظيم الذي حققه كل من واتسون وكريك (أمام بعض الباحثين البارزين أمثال لينيوس بولينج)، كانت الصور التي أخذت بواسطة أشعة إكس (الأخوان براج ١٩١٥) على القدر نفسه من الأهمية، والتي التقطها موريس ويلكينز وروزاليند فرانكلين في عام ١٩٥٢، اللذان عملا معًا في جامعة كينج بلندن. وقد خضعت هذه الصور للعديد من التفسيرات، إلا أنها أضمرت داخلها دلائل مهمة للحل الذي اقترحه كل من واتسون وكريك. فقد أظهرت هذه الصور أن الحامض النووي (DNA) ليس له مسار حلزوني واحد وإنما له مساران مشتبكان مع بعضهما البعض مثل السلم الحلزوني. ويتم تشبيه درجات السلم بأزواج القواعد: الأدينين مجتمع مع الثيمين والجوانين مجتمع مع السيتوزين. وهذه الدرجات تم الجمع بينها في الوسط بواسطة عامل الجذب المشترك لذرات الهيدروجين الموجودة في كل نصف من الدرجة.

يمضي العلم قدمًا بواسطة روح المغامرة التي تتسم بالحيوية والاعتقاد في أنه بمجرد العثور على الحقيقة، فإنها ستكون بسيطة وجذابة في الوقت نفسه.

جيمس واتسون



يوضح هذا الشكل البناء الحلزوني المزدوج للمركب الكيميائي الرئيسي المتمثل في الحامض النووي (DNA)، كما اكتشفه كل من جيمس واتسون وفرنسيس كريك في عام ١٩٥٣. يقطع كل التواء من هذه الالتواءات الحلزونية مقدار ٣ نانو متر (مليارات الأجزاء من المترات). وتقوم أزواج من هذه القواعد، التي تتماسك مع بعضها البعض بواسطة الجاذبية الموجودة بين الذرات الهيدروجينية والتي تشبه درجات السلم الحلزوني، بالامتداد في الفجوة الموجودة بين عظام العمود الفقري المتشابكة والمكونة من فوسفات السكر. ويعد التنظيم الدقيق لهذه الوحدات الكيميائية هو مفتاح الشفرة الوراثية.
يشبه تركيب الحامض النووي لسكر الريبوز المعروف اختصارًا بـ RNA هذا البناء السابق، مع وجود بعض الاختلافات البسيطة في المركب الكيميائي للعمود الفقري وإحدى هذه القواعد. كما أنه عادة ما يأخذ الحامض النووي لسكر الريبوز مسارًا حلزونيًا واحدًا بدلاً من المسار المزدوج.

بهذا تمكن واتسون وكريك من شرح كيف يقوم الحامض النووي(DNA) استنساخ نفسه في كل مرة تنقسم فيها الخلية، في حين أنه يجب أن تتضاعف عدد الكروموسومات جميعها بالإضافة إلى الخلايا الموجودة داخلها (ميشر وفليمنج ١٨٦٩). بعد ذلك، تقوم الروابط الهيدروجينية بالانقسام وينفصل المساران الحلزونيان عن بعضهما البعض. ومن خلال المادة الكيميائية الموجودة بالخلية، يقوم كل نصف من هذا السلم الآن بتجميع المواد لإعادة بناء الجانب المفقود منه. فيجتمع الأدينين مع الثيمين والجوانين مع السيتوزين، وبهذا يكون عمود السلم قد أعيد بناؤه ليتكون لدينا الآن جزءان من الحامض النووي (DNA) بدلاً من جزء واحد.

لقد اتضح لنا الآن كيفية عمل الشفرة الوراثية. فمن أجل التحكم في تكوين بروتين معين، تحتاج كل رسالة مشفرة (ويقصد بها الجين) إلى توفير النظام الذي يتعين فيه تجميع الأحماض الأمينية مع بعضها البعض. أما عن رموز هذه الشفرة فتتمثل في الحروف

الأولى من القواعد الأربع الأدينين والثيمين والجوانين والسيتوزين (A وT وG وC). وقد افترض واتسون وكريك أن كل كلمة (وتعرف اصطلاحًا بالرامزة وهي الوحدة الأساسية للشفرة الوراثية) تمثل حمضًا أمينيًا بعينه في السلسلة التي تكون البروتينات.

ترى ما عدد الحروف الذي تحتاجه كل كلمة؟ إن حرفين لا يكفيان للحصول على كلمة واحدة، حيث يوجد ١٦ طريقة فقط لاختيار حرفين من أربعة وترتيبهما. وبهذا، سيكون لدينا عدد كلمات غير كافٍ لتمثيل الأحماض الأمينية العشرين المعروفة. بينما لو كان لدينا ثلاثة أحرف للكلمة الواحدة، فسيكون لدينا ٦٤ احتمالاً، مع ترك بعض الكلمات لتستخدم في أغراض أخرى (١٩٦٦).

بذلك، أظهر كل من واتسون وكريك عبقريتهما في استخلاص كل هذه النتائج رغم تعقيد الأدلة المتاحة. وقد حازا على جائزة نوبل للطب في عام ١٩٦٢، وشاركهما فيه موريس ويلكينز. ولم تشاركهم الجائزة روزاليند فرانكلين لأنها كانت قد توفيت في عام ١٩٥٧، عن عمر يناهز السابعة والثلاثين عامًا.

إسهامات وليم أوينج وهاري هس في مجال الجيولوجيا

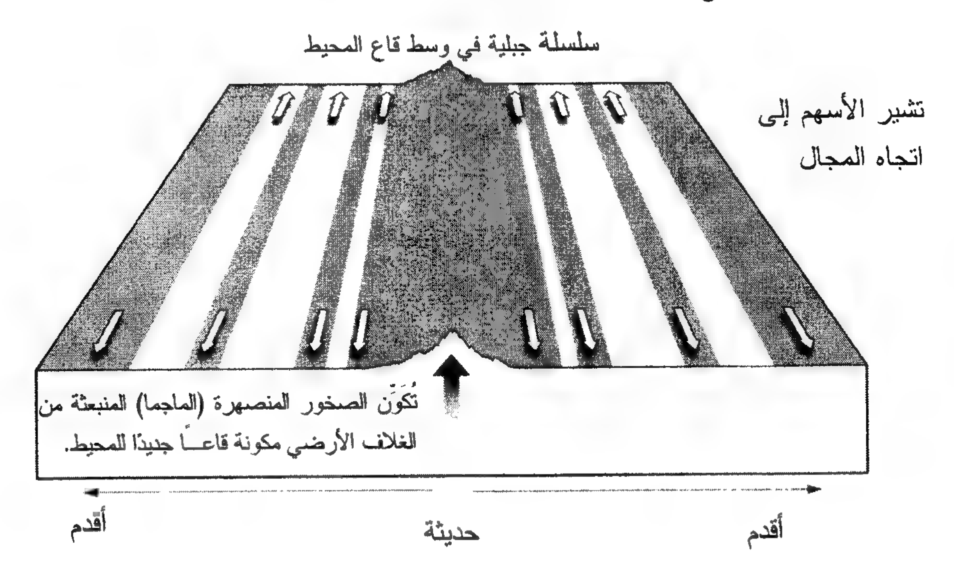
١٩٥٣

إن الرفض شبه العالمي لفكرة زحزحة القارات (١٩١٢) التي جاء بها ألفرد فاجنر تولد عن وجود عيب خطير بتلك الفكرة. فعلى الرغم من أن فاجنر استطاع جمع أدلة مؤثرة تؤكد تحرك القارات - أي أنها تقترب من بعضها البعض أو تنفصل عن بعضها البعض - فإنه لم يستطع شرح كيفية حدوث ذلك. لذا، اعتقد معظم علماء الجيولوجيا أن فكرة تحرك القارات اليابسة عبر قيعان البحار اليابسة أيضًا مدعاة للسخرية. وقد كانت بالفعل كذلك.

تم البدء في إعادة صياغة فكرة فاجنر المتطرفة في عام ١٩٥٣، عندما نشر عالم الجيولوجيا الأمريكي وليم أوينج نتائج الدراسات التي قام فيها بعمل مسح شامل لقاع المحيط الأطلنطي. فعن طريق استخدام معدات متطورة في قياس عمق المياه وبالتالي تخطيط المناظر المختفية عن العين، اكتشف أوينج وجود سلسلة جبال مترامية الأطراف تمتد تحت وسط المحيط، وتقريبًا تأخذ شكل الخط الساحلي الموجود على الجانبين. فضلاً عن ذلك،

كلما اقتربت من تلك السلسلة الجبلية، كانت الصخور أحدث من حيث التكوين، سواء كانت هذه الصخور الموجودة بقاع المحيط أم تلك الرواسب الفوقية.

فسر أوينج هذا بأن قاع المحيط الأطلنطي كان يتحرك ليمتد بعيدًا عن السلسلة الجبلية. كما أنه قد تصور وجود قاع جديد للمحيط تكون من الصخور المنصهرة المندفعة بمحاذاة خط السلسلة الجبلية من داخل باطن الأرض، والتي تندفع بقوة نحو الخارج في كلا الاتجاهين. فإذا ما افترضنا أن قارتي أفريقيا وأمريكا الشمالية كانتا موجودتين داخل قاع البحر، فمن المتوقع أنهما انفصلتا عن بعضهما البعض. وبهذا يتضح لنا كيف تكون القارات قد تحركت. ومنذ ذلك الحين، استطاع فاجنر أن يستعيد زهوه ومكانته بين علماء الجيولوجيا.



يمثل هذا الشكل منطقة من قاع المحيط التي تمتد مئات الكيلو مترات. تحتوي الأشرطة البيضاء من الصخور على مجال مغناطيسي يشير إلى الشمال، كما هو موضح بالشكل. أما بالنسبة للأشرطة السوداء للصخور، فيشير المجال المغناطيسي إلى الجنوب (القطب المعاكس). تكون الأشرطة ذات القطب المماثل متساوية في الاتساع على جانبي السلسلة الجبلية الموجودة في المركز، حيث تكونت الصخور قبل التحرك إلى الخارج. تعد الصخور الموجودة على الحواف الخارجية أقدم من تلك الموجودة بالمركز بملايين السنين. ويكون قاع المحيط الممتد مسئولاً عن حركة القارات.

لقد ظهرت أدلة أكثر فعالية في عام ١٩٦٢، عندما قام عالم الجيولوجيا الأمريكي هاري هس بتمرير مقياس شدة المجال المغناطيسي على قاع المحيط. (وقد تم ذلك أولاً في قاع المحيط الهادئ، لكن المحيط الأطلنطي أظهر نتائج مماثلة.) وقد سجل هذا المقياس قوة واتجاه الموجات المغناطيسية الموجودة داخل الصخور. جدير بالذكر أن عالم الفيزياء الفرنسي بيير كوري (١٨٩٨) اكتشف أنه عندما يتم تبريد الصخور المنصهرة تحت درجة حرارة معينة (أُطلق عليها نقطة كوري)، فإنها تقوم بالتقاط أي مجال مغناطيسي كان يوجد بداخلها وتظل هكذا إلى الأبد. وقد وجد هس أن الصخور الموجودة في قاع البحار والمحيطات تمت مغنطتها على امتداد أشرطة كبيرة يصل عرضها إلى مئات الكيلو مترات ويبلغ طولها آلاف الكيلو مترات، ويشير المجال المغناطيسي الموجود بأحد هذه الأشرطة إلى ناحية الشمال، بينما يشير الشريط التالي له إلى ناحية الجنوب.

برهن هذا على وجود حقيقتين من أروع الحقائق. أولهما، أن المجال المغناطيسي للأرض قد غير من اتجاهه مرات كثيرة في الماضي، حيث تغير المجال المغناطيسي الذي يشير إلى ناحية الشمال ليتجه نحو الجنوب ثم تغير اتجاهه إلى العكس مرةً أخرى. وبتحديد عمر الصخور باستخدام النشاط الإشعاعي (١٩٢١)، اكتشفنا الوقت الذي حدثت فيه التغييرات بين القطبين. وكان أحدث هذه التغييرات يرجع عمره إلى ٥٠٠٠٠٠ سنة.

أما الحقيقة الثانية، فتكمن في التوافق التام بين شكل الأشرطة المغنطة على أحد جانبي السلسلة الجبلية الموجودة في المحيط مع تلك الموجودة بالجانب الآخر. وهذا بالضرورة يعني أن هذه الأقسام من قاع المحيط، التي تبعد الآن عن بعضها البعض آلاف الكيلو مترات، قد بردت في الوقت نفسه؛ وبالتالي، كانت إلى جانب بعضها البعض ذات مرة. والشيء الوحيد الذي يستطيع شرح ذلك هو امتداد قاع المحيط.

اكتشاف فريدريك سانجر لتركيب الأنسولين

١٩٥٥

هناك أربعة أشخاص فقط نالوا جائزة نوبل مرتين، وهم: ماري كوري ولينيوس بولينج وجون باردين وفريدريك سانجر. فمثل باردين، وعلى العكس من كوري وبولينج، نال سانجر الجائزة نفسها مرتين في الكيمياء في عامي ١٩٥٨ و١٩٨٠.

بعد إتمام دراسته في كامبريدج، استمر العالم الإنجليزي سانجر في العمل هناك لمدة أربعين عامًا، وربما تمثل هذه الفترة من حياته خلاصة عمله كباحث متفان ومنهجي. من المؤكد أنه لم يكن كسولاً في عمله، فهو يعد من أكثر العلماء تأثيرًا في عصره. ولكن، اندلعت الحرب في وقت مبكر من عمله. وبينما اتجه كثير من العلماء إلى العمل العسكري الذي كانت له أهميته في ذلك الوقت، كان سانجر معارضًا للحرب بضميره الحي ولذا فضل البقاء داخل معمله وعدم الاشتراك بها.

كان سانجر مولعًا طوال حياته بدراسة أنماط المواد الكيميائية والسلاسل الخاصة بها. وكان يعتقد بأنه إذا أمكن قراءة هذه الأشياء، فإن كثيرًا من المعلومات المهمة ستكون متاحة له. لم يكن سانجر قد بلغ الثلاثين من عمره عندما ألزم نفسه بمهمة تحديد طريقة تكوين أحد البروتينات المهمة، وكان هدفه التعرف على الهوية الحقيقية للأحماض الأمينية والنظم التي يتكون منها هذا البروتين. وقد استقر أخيرًا على الأنسولين، فقد كان متاحًا بسهولة ولم يكن معقدًا للغاية (بالرغم من احتوائه على الكثير من مئات الذرات) وأنه إذا أمكن العثور على البناء المكون له، فيمكن تركيبه مع بعض المواد الأخرى وربما يُحدث بعض التطور في مجال علاج مرض السكر بطريقة ما.

كان على سانجر أن يطور أساليب جديدة لعمله. ومن أجل تحديد نوع الحمض الأميني الذي سيستخدمه (حيث كان أمامه اثنان وعشرون حمضًا ليختار من بينها)، استخدم الكروماتوغرافيا؛ ويقصد بها أن السرعة التي يتم بها امتصاص محلول الحمض الأميني بواسطة ورقة ماصة خاصة تعتمد على الوزن الجزيئي، وهو وزن جميع الذرات مجتمعة. لقد كان العمل منهكًا، فقد استغرق ثماني سنوات في التعرف بصورة أوضح على جميع الأحماض الأمينية الموجودة بالأنسولين والتي يبلغ عددها ٥١ حمضًا والتفريق بين نظم كل منها. ويعد الأنسولين أول الهرمونات التي تم اكتشافها على الإطلاق من قبل الكنديين فريدريك بانتنج وجورج بست في عام ١٩٢٢. وقد أصبح الآن أول هرمون تم التعرف على تركيبه بالكامل.

اتبع كثير من الباحثين طريقة سانجر في البحث، وقد اكتشفوا كيف تتركب البروتينيات المهمة الأخرى، مثل الهيموجلوبين. استمر سانجر في المضي قدمًا في عمله. ونظرًا لاهتمامه

بالنتائج، فقد بدأ في دراسة النظام الذي تعمل به الجزيئات الموجودة بالحامض النووي DNA – المادة الوراثية الكيميائية. وقد أدى هذا إلى عمل أول بيان وراثي كامل (مجموعة العوامل الوراثية) لأي من الكائنات الحية ثم أدَّى إلى تأسيس مشروع التكوين الوراثي البشري (١٩٩٠).

إسهامات ويلارد ليبي في مجال استخدام الكربون المشع

١٩٥٨

ما أقدم مدينة على وجه الأرض؟ وكانت الإجابة عن هذا السؤال لأول مرة في عام ١٩٥٨ هي جيروكو (أريحا حاليًا)، التي كانت توجد منذ ٩٠٠٠ سنة. لقد تمكنا من التعرف على ذلك عن طريق استخدام تقنية الكربون المشع في تحديد التواريخ، وهو الأمر الذي يعد من بنات أفكار العالم الكيميائي الأمريكي ويلارد (فرانك) ليبي. ويستخدم هذا الأسلوب حاليًا في معرفة تاريخ جميع أنواع البقايا والمصنوعات اليدوية الأثرية القديمة، التي قد يرجع تاريخها إلى ٧٠٠٠٠ عام.

مثل الكثير من العلماء الشباب، قضى ليبي جزءًا كبيرًا من أيام حياته المهنية الأولى في إنجاز الأعمال الحربية. فقد كان عمره لا يزال ٣١ عامًا حينما اندلعت الحرب في أوروبا، وما لبث أن عكف على فصل النظائر المشعة لليورانيوم حتى يمكن له تصنيع القنبلة الذرية (الانشطار النووي ١٩٣٨). بعد انتهاء الحرب، ظل النشاط الإشعاعي يمثل جزءًا مهمًا من عمله.

يعد عنصر الكربون ١٤ – الذي تم اكتشافه لأول مرة في عام ١٩٤٠ – أحد نظائر الكربون (طومسون ١٩٠٧)، ويشترك معه في التركيب الكيميائي نفسه إلا أنه له وزن ذري مختلف. وهو من العناصر المشعة (١٨٩٩)، وذلك على العكس تمامًا من النظير الأكثر شيوعًا له المعروف باسم كربون ١٢. يتكون عنصر الكربون ١٤ باستمرار داخل الغلاف الجوي، حيث تصطدم الأشعة الكونية بذرات النيتروجين (هس ١٩١٢).

مثل عنصر الكربون ١٢، يتم امتصاص عنصر الكربون ١٤ (باعتباره ثاني أكسيد الكربون) من الهواء من جانب النباتات خلال عملية البناء الضوئي، وبهذا تستطيع النباتات الحية جميعها الحصول على كمية قليلة من الكربون المشع (كربون ١٤) داخل

أنسجتها، التي يتم تجديدها باستمرار في أثناء بقائها على قيد الحياة. عندما يموت أحد النباتات (أو أحد الحيوانات كان قد تغذى على نباتات تحتوي على عنصر الكربون ١٤)، فإنه لن يقوم بامتصاص عنصر الكربون ١٤ بعد الآن، ولذا تبدأ كمية هذا العنصر في التناقص من جسم الكائن الحي. فبقياس نسبة عنصر الكربون ١٤ المتبقية فيما كان كائنًا حيًا في يوم ما – على سبيل المثال، قطعة من الخشب المستخدم في صنع الأثاث مثلاً أو الرماد المتطاير من حرق الأخشاب أو مخطوطة قديمة أو ثوب بالٍ أو إحدى المومياءات، استطاع ليبي أن يعرف عمره منذ أن كان النبات حيًا.

يتسم عنصر الكربون ١٤ بأن له فترة عمر نصف (رذرفورد وسودي ١٩٠٣) تبلغ ٥٧٠٠ سنة – فبعد عشر فترات من عمر النصف (٥٧٠٠٠ سنة) تبقى حوالي جزء واحد من المليون من الكربون المشع الأصلي. ويحدد هذا إلى أي مدى يمكننا الرجوع إلى الوراء بالتاريخ باستخدام الكربون المشع – ٦٠٠٠٠ سنة على أكثر تقدير – حتى مع استخدام أكثر الآلات حساسية لقياس مستوى الكربون المشع. وعلى أية حال، فإن التكنولوجيا كانت لها فوائد جمة بالنسبة لعلماء الآثار والمؤرخين.

على الرغم من هذا، يجب تصحيح التواريخ التي تم اكتشافها باستخدام الكربون المشع. فمستوى الإشعاع الكوني يتنوع عبر فترات طويلة من الزمن، وكذلك الحال مع الكمية التي يتم إنتاجها من عنصر الكربون ١٤ في الهواء. ويمكن الحصول على التواريخ الصحيحة من خلال مقارنة تاريخ الكربون المشع بتاريخ آخرٍ تم اكتشافه باستخدام بعض الوسائل الأخرى، عن طريق حصر عدد حلقات الشجر مثلاً. يمكن لهذا التصحيح أن ينقل بعض التواريخ مئات السنين إلى الوراء. فهذا النوع من الحسابات أيضًا يوفر لنا طريقة لاكتشاف مستوى الإشعاع الكوني في أية حقبة من الزمن الماضي بالإضافة إلى مقارنة ذلك بالأشياء الأخرى الموجودة بالبيئة، مثل نشاط الشمس.

إسهامات جيمس فان ألن في مجال دراسة الإشعاع

١٩٥٨

في أكتوبر عام ١٩٥٧، قام الاتحاد السوفيتي آنذاك – والحرب الباردة لا تزال في أوجها – بإطلاق سبوتنيك ١ (Sputnik 1)، أول قمر صناعي تم إطلاقه في الفضاء ليدور حول الأرض. ومن هنا بدأ عصر الفضاء. فقد كانت معظم الأقمار الصناعية الأولى التي تم إطلاقها عبارة عن محاولات هندسية تظهر ما يمكن

أن تقوم به الأمم وتستخدم التكنولوجيا المتطورة للأغراض العسكرية. في البداية، كان يتم حمل عدد قليل من المعدات العلمية، ونظرًا لأن المركبات الفضائية كانت تذهب إلى مناطق لم تُكتشف بعد، فإن القياسات حتى البسيطة منها يمكن أن تثمر عن نتائج كبيرة.

من النماذج المعهودة للمركبات الفضائية الأولى الأقمار الصناعية الأمريكية اكسبلورار، كان حجم هذه الأقمار مثل حجم كرة السلة، حيث كانت توجد بها مساحة تكفي فقط لعداد جايجر (للكشف عن المواد المشعة) وجهاز إرسال لاسلكي يقوم بإرسال القياسات مرةً أخرى إلى الأرض. وقد جاءت هذه المبادرة في الأغلب من عالم الفيزياء الأمريكي جيمس فان ألن، الذي اعتقد في أن الكميات الكبيرة من الإشعاع – والتي غالبًا ما تكون في صورة بقايا مشحونة من المادة مثل البروتونات والإليكترونات – لا بد أنها محاصرة بطبقات عديدة من المجال المغناطيسي للأرض لتشكل بذلك حزامًا تقوم الأقمار الصناعية بالمرور من خلاله.

بالفعل تم إثبات ذلك. فقد اكتشف أن أحزمة فان ألن الإشعاعية (وهي متعددة) تغطي منطقة من الفضاء تأخذ شكل دائري على بعد عدة آلاف الكيلو مترات من سطح الأرض. وتوجد بهذه الأحزمة جسيمات سريعة الحركة (من البروتونات والإليكترونات) كانت تصل كجزء من الإشعاع الكوني (هس ١٩١٢) القادم من الشمس ومن الفضاء السحيق. ويتسرب بعض من هذه الإشعاعات إلى مستويات منخفضة من الغلاف الجوي لكي تتكون ظاهرة الشفق "الأضواء الشمالية والجنوبية"، وذلك عندما تتوهج ذرات الهواء مثل الغازات الموجودة بإشارة النيون.

تشكل الجسيمات المشحونة دائمة الحركة تيارًا كهربائيًا، ومن المعروف أن التيارات الكهربية هي التي تشكل المجال المغناطيسي. لذا، فقد ساعدت التغييرات في الأحزمة الإشعاعية في إحداث تذبذب في المجال المغناطيسي للأرض الذي تمت ملاحظته منذ ٣٠٠ عام (البوصلة ١٧٠٢). ويشير هذا إلى الروابط المستمرة بين الأحداث التي تقع على سطح الأرض وتلك التي تقع في الفضاء القريب.

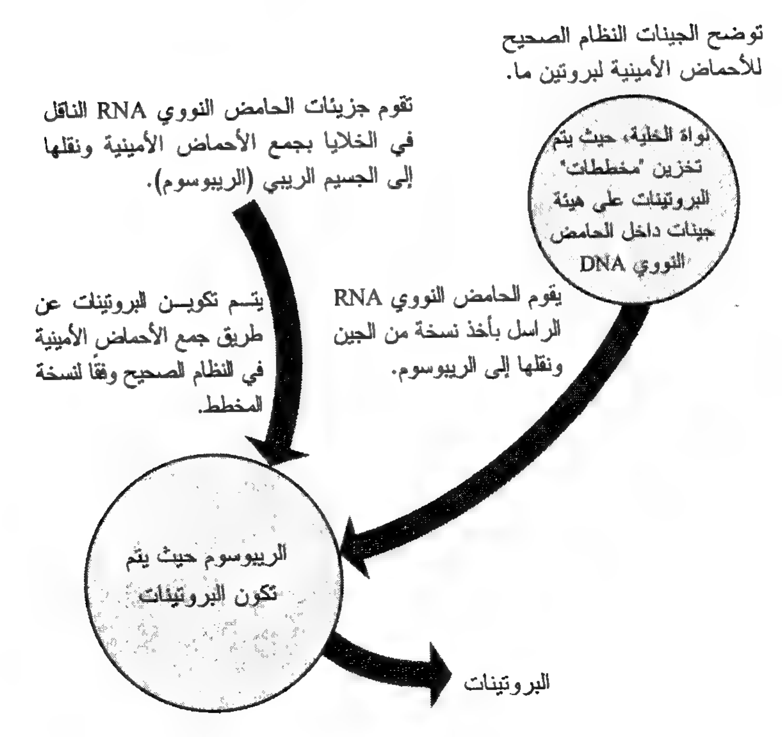
اكتشاف سر الحياة وتكوين الحامض النووي (DNA) للبروتينات

١٩٥٩

إن السؤال المطروح للاستفسار عن ماهية الحياة له العديد من الإجابات. ففي عام ١٩٤٦، أكد الألماني أدوين شرودينجر، أحد العلماء البارزين في تأسيس علم فيزياء الكم (١٩٢٧)، أن الحياة تختص بالمعلومات. وقد افترض أن الكائنات الحية تستخدم شيئًا يشبه نظام مورس، حيث تقوم باختزان المعلومات المتعلقة بكيفية بنائها وعملها، كما تقوم بتمرير هذه المعلومات عن طريق الجينات الخاصة بها. ويمكن القول إن تكون النبات أو الحيوان يتمثل في تلك الطريقة التي تقوم فيها جيناته بعمل جينات أخرى (مثل الدجاجة التي تتكون فيها البيضة من بيضة أخرى).

في عام ١٩٥٣، أوضح كل من جيمس واتسون وفرنسيس كريك طريقة عمل النظام، الموجود في جزيئات الحامض النووي (DNA) المسئولة عن تكوين الجينات والكروموسومات التي تعمل على تماسكها. لقد كان حدس شرودينجر صحيحًا، على الرغم من استخدام النظام لمجموعات من ثلاثة رموز بدلاً من اثنين (النقطة والشرطة) في نظام مورس. في عام ١٩٥٨، قام فرنسيس كريك بتدوين إحدى العبارات المهمة للغاية المعروفة باسم "فرضية انتقال المعلومات الوراثية من الأحماض النووية": بمعنى أن الصفات الوراثية في الكائنات الحية تتدفق في مسار واحد؛ حيث تمر من الحامض النووي (DNA) إلى البروتينات وليس العكس. بعبارة أخرى، يقوم الحامض النووي (DNA) يقوم بتكوين البروتينات كما يمكنه أن يقوم باستنساخ نفسه، لكن البروتينات لا تعمل على تكوين الحامض النووي (DNA).

لقد أصبحت العملية التي تتحكم من خلالها الصفات المخزنة داخل الحامض النووي (DNA) في تكوين البروتينات محل اهتمام العلماء منذ حوالي عام ١٩٥٩. وقد كان هذا العمل نتاج مجهود كثير من الأيدي والعقول التي نعجز عن ذكر جميعها هنا نظرًا لكثرتها، ولكن في مقدمتها الأمريكيين سيدني برينر وماثير ميلسون والفرنسيين جاك مونو وفرانسوا جاكوب. وقد تحول الانتباه إلى الحامض النووي لسكر الريبوز RNA، وهو يشبه الحامض النووي الريبي منقوص الأكسجين DNA، إلا أنه يوجد في جميع أجزاء الخلية بدلاً من النواة وحدها؛ ولذا، فإنه من المحتمل أن يقوم بدور مهم في تكوين البروتينات.



يمثل هذا الشكل الرسم التخطيطي للعملية المعقدة للغاية التي يتم فيها تحويل الصفات المخزنة في صورة الحامض النووي DNA داخل نواة الخلية إلى بروتينات كاملة تجتمع داخل ريبوسوم الخلية. أما الدوران الرئيسيان فيتمثلان في شكلين من أشكال الحامض النووي RNA: يوفر الحامض النووي الراسل نسخة من "المخطط" للبروتينات التي تم جمعها، بينما يقوم الحامض النووي الناقل بجمع المواد الخام اللازمة في شكل جزيئات من الأحماض الأمينية.

لقد كشفت كثير من التجارب العبقرية مدى تعقد عملية تكون البروتينات في الخلايا الحية. ونظرًا لدوره كحامل للصفات الوراثية، يعد الحامض النووي لسكر الريبوز (RNA) مادة فعالة، حيث تلعب أشكال هذا المركب الكيميائي ثلاثة أدوار مختلفة. تقوم الجزيئات الصغيرة للحامض النووي الناقل (RNA) بتجميع أحماض أمينية معينة من المادة الكيميائية الموجودة بالخلية ونقلها إلى مكان تكون البروتينات الذي يُطلق عليه اسم "الريبوسوم"، الذي عادةً ما يتكون من الحامض النووي الريبوزومي. تصطف جزيئات الحامض النووي

(RNA)، مع الأحماض الأمينية الخاصة بها أمام النسخة التي يلتقطها مخطط الحامض النووي (DNA) لبروتينات معينة يتم تكوينها. وقد وصلت هذه النسخة من النواة الموجودة خارج نوع آخر من الحمض وهو الحامض النووي الراسل (RNA).

تتمثل النتيجة النهائية لهذه العملية في تكون شريط من الأحماض النووية الصحيحة المجتمعة بالترتيب الصحيح. فبمجرد أن تلتصق هذه الأحماض ببعضها البعض عن طريق الإنزيمات، يمكن أن يتقشر هذا الشريط ليكون بروتينًا جديدًا كاملاً. لا ينتهي أمر تعقد هذا النظام عند هذه النقطة. فقد وجد مونو وجاكوب أن الحامض النووي DNA لديه إمكانيات للتحكم في تحديد أي من أجزاء النظام يتم نسخها إلى الحامض النووي RNA الراسل، وبالتالي تحديد أي البروتينات سيتم تكوينها. بصفة عامة، يعد هذا النظام نظامًا مميزًا كنتاج للتطور البيولوجي غير الموجه.

إسهامات روجر سبري في مجالي الطب والجراحة

١٩٦١

في خمسينيات القرن الماضي، كان الأطباء المتخصصون في معالجة الحالات المستعصية من داء الصرع - والتي تتعرض فيها مناطق كبيرة من المخ للتشنج - يقومون في بعض الأحيان باتخاذ خطوة إجراء عملية جراحية لفصل الرابط الذي يصل بين نصفي المخ الأيمن والأيسر وهو المعروف بالجسم الجاسئ. عادةً ما كانت تنجح تلك الطريقة؛ حيث استطاع المرضى العيش بصورة طبيعية في المجتمع دون أن يشعر أحد بما حدث.

في بداية الستينيات من القرن الماضي، أظهرت سلسلة طويلة من التجارب أجراها عالم الأحياء النفسي روجر سبري (الحائز على جائزة نوبل للطب في عام ١٩٨١) أنه يوجد في الحقيقة شيء مختلف تمامًا. فالمرضى بمثل هذا المخ "المقسوم" يمكن أن يتصرفوا كما لو كان لديهم عقلان مستقلان لكل منه قدراته المختلفة. استخدم المرضى العقل الأيمن عند التعرف على أنماط أو أشكال مكانية (أو شمولية)، بينما كان العقل الأيسر أفضل في مجال التعامل مع اللغة والرياضيات وما يحتاج إلى اتباع نظام بعينه عند أدائها (المنطقية أو التسلسلية). يهتم العقل الأيسر بتعلم استخدام الكلمات، بينما يهتم العقل الأيمن بجوانب أخرى، استخدام المجاز على سبيل المثال. وقد لاحظ سبري أنه في كثير من مراحل التعليم يتم

تشجيع الأشكال اللفظية للتعلم أكثر من الأشكال غير اللفظية. ومن أجل استثارة العامة. فقد ادعى سبري أن المجتمع بوجه عام يميل إلى الجانب الأيمن.

تعتمد التجارب في هذا المجال، سواء أجريت على الإنسان أم الحيوانات المعملية، على تركيب الجهاز العصبي. فبوجه عام، يتم التحكم في الجانب الأيمن من الجسم، بما في ذلك، على سبيل المثال، السمع بالأذن اليمنى، من قبل الجانب الأيسر من المخ، بينما يقوم الجانب الأيمن من المخ بالتحكم في الجانب الأيسر من الجسم. وينطبق الأمر نفسه على العين. على سبيل المثال، عندما ننظر إلى الأمام مباشرةً، فإن ما نراه في الجانب الأيمن مجال الإبصار يذهب إلى الجانب الأيسر من المخ. ويعني ذلك أن الجانب الأيسر من المخ يرى ما يظهر على الجانب الأيمن من خط المركز. وبما أن الجانب الأيسر هو الذي يتحكم بوجه عام، بينما يظل الجانب الأيمن سلبيًا إلى حد ما، فإن المريض الذي خضع لعملية "انقسام" المخ الذي يرى الأشياء فقط في مجال الإبصار الأيسر لا يمكنه وصف هذا الشيء بالكلمات، بالرغم من أنه يستطيع رسمه وربما يكون قد استجاب له بالفعل بطرق أخرى، على سبيل المثال، باحمرار وجهه إذا استدعى رد الفعل أن ينتابه خجل من شيء ما.

في معظم الناس، يكون نصفا المخ مرتبطين ببعضهما البعض ويعتمد السلوك على عمل نصفي المخ معًا. بيد أن معظم الناس لديهم طريقتهم المفضلة في التفكير: إما أنهم يعتمدون على الجانب الأيسر من المخ – وهو المسئول عن التعامل مع الأمور المنطقية والتحليلية والأمور المباشرة – أو أنهم يعتمدون على الجانب الأيمن من المخ – وهو المسئول عن التعامل مع الأمور البصرية والإبداعية والخيالية. لقد أصبح تجاوز هذه الملاحظات من الأشياء المثيرة للجدل، مثل التأكيد على أن الرجال والنساء يختلفان في تفضيلهما للجانب الأيمن أو الأيسر من المخ وأنه غالبًا ما يتداخل نوعا التفكير مع بعضهما البعض، مما يمنعنا من القيام بأفضل ما لدينا من الناحية الفكرية.

إسهامات موراي جيلمان وجورج زفايج في دراسة الجسيمات

١٩٦٣

في بداية الستينيات من القرن الماضي، تعرض علم الفيزياء لأزمة فيما يتعلق بالجسيمات الأساسية التي تتكون منها المواد جميعها. فقد كان هذا الأمر مثل الانطلاقة التي حدثت في عدد العناصر الكيميائية المعروفة في بداية القرن التاسع عشر. فعندما وصل عدد العناصر إلى ١٥ أو ٢٠ مرة ضعف عدد العناصر الأربعة التي

افترضها اليونانيون القدماء، قام العلماء بالبحث داخلها على أمل أن يجدوا عددًا صغيرًا من الأجزاء الصغيرة التي يمكن أن توضع مع بعضها البعض بطرق مختلفة لتحضير باقي العناصر. وقد تم العثور على هذه الأجزاء بالفعل. ففي ثلاثينيات القرن العشرين عرفنا أن الذرة تتكون من البروتونات والنيوترونات والإليكترونات في مجموعات مختلفة.

من ناحية أخرى، بدأت أجزاء جديدة من المادة في الظهور فجأة، كانت هذه الأجزاء أصغر من الذرة وتشبه المكونات الثلاثة الرئيسية للذرة (البروتونات والنيوترونات والإليكترونات) إلا أنها تختلف عنها. وبعد وقت قليل، ظهرت عشرات الجزيئات: جزيئات K وجزيئات V وجزيئات أخرى أُطلق عليها أسماء يونانية وعدد متنوع من الميزونات، هذا بالإضافة إلى الجسيمات المضادة لكل هذه الجسيمات. كان بعض من هذه الجسيمات يبرز فجأةً للوجود ثم يختفي في جزء من الثانية، بالرغم من أنها دائمًا ما كانت تختفي وتتحول إلى شيء آخر.

ركزت الأبحاث على وجود بعض النظام الداخلي مرةً أخرى، ويقصد بالنظام الداخلي بعض الأعداد القليلة من الجسيمات الأساسية بالفعل التي تتكون منها باقي الجسيمات. فبشكل مستقل، قام الأمريكي موراي جيلمان والطالب المتخرج جورج زفايج بوضع خطة. وكانت هذه الخطة تنطبق على مجموعتين من الجسيمات المرتبطة ببعضها البعض، حيث تتأثر كلتا المجموعتين من الجسيمات بالقوى المؤثرة (١٩٣٦): وكان من الواضح الارتباط بين الباريونات (البروتونات والنيوترونات والجسيمات الشبيهة بها) وبين مجموعة الميزونات.

إن جميع العلوم الفيزيائية الحديثة يتحكم فيها ذلك النظام الهائل بل والمربك بوجه عام المعروف باسم ميكانيكا الكم... وقد نجح هذا النظام في اجتياز جميع الاختبارات، وليس هناك سبب لاعتقاد وجود أي خطأ به... فنحن نعلم كيفية استخدامه وكيفية تطبيقه على المشكلات؛ ولذا، فقد تعلمنا العيش مع حقيقة أنه لا يمكن فهمه.

موراي جيلمان

طبقًا لهذه النظرية الجديدة، كانت هناك ثلاثة أنواع من الجسيمات الأساسية بالفعل. والتي أطلق عليها جيلمان اسم جسيمات "كوارك"، بينما أطلق عليها زفايج اسم "آس". وكانت الفكرة تكمن في أن جسيمات الكوارك ومضادات الكوارك من الممكن أن تجتمع في ثلاث مجموعات مرةً واحدة لتكوين البروتون والنيوترون، وهكذا، وتجتمع في مجموعتين لتكوين الميزونات. وقد تم التمييز بين ثلاثة أنواع مختلفة للكوارك، الكوارك العلوي والكوارك السفلي والكوارك الغريب (وقد كان هذا النوع من جسيمات كوارك لازمًا لشرح بعض الجسيمات التي كانت تتصرف بغرابة).

في حقيقة الأمر، كانت جسيمات الكوارك جمعيها غريبة إلى حد ما. فلشرح كيف تجتمع ثلاثة جسيمات من الكوارك لتكوين البروتون بمقدار شحنة واحدة، كان لا بد أن يكون لدى جسيم الكوارك شحنة أقل من شحنة الإليكترون، حوالي ثلث أو ثلثي الشحنة على الأكثر. وقد كان هناك اعتقاد سائد لفترة طويلة من الزمن بأن الإليكترون يحمل أقل شحنة كهربائية ممكنة. بيد أن الخطة التي تم وضعها من جانب العالمين جيلمان وزفايج كانت محكمة وشرحت ما اكتشفه علماء الفيزياء. وقد قامت هذه الخطة بما قام به جدول العالم مندلييف الدوري للعناصر (١٨٦٩)؛ حيث تنبأت بوجود جسيمات لم تكن معروفة في هذا الوقت، وعلى وجه التحديد جسيم أوميجا سالب (omega minus particle)، الذي تم اكتشافه بعد ذلك بوقت قريب.

كان هناك اختلاف في الرأي بين جيلمان وزفايج حول شيء واحد. فلم يكن جيلمان معتقدًا في أن جسيمات كوارك موجودة بالفعل، فهي مجرد طريقة مفيدة للتفكير أو نماذج للسلوك وليست جسيمات حقيقية. وقد كان هذا يشبه نظرية نيقولاوس كوبرنيكس التي كان يعتقد البعض فيها والتي مفادها أن الشمس هي مركز الكون (١٥٤٣)؛ حيث كانت هذه النظرية مفيدة في الحسابات الفلكية، لكن يبدو أن العالم لم يتقبلها آنذاك. من ناحية أخرى، كان زفايج يعتقد في الوقت نفسه أن جسيمات كوراك حقيقية وربما يمكن العثور عليها. لهذا السبب، تم وضع العديد من الخطط للبحث عنها، مثل استخدام الأشعة الكونية (هس ١٩١٢) أو مسارع الجسيمات (الكوزموترون ١٩٥٢)، إلا أنها لم تصل إلى شيء. لبعض الوقت، كانت تبدو وجهة نظر جيلمان صحيحة. فإذا كانت هذه الجسيمات موجودة بالفعل، فلا يبدو أننا استطعنا التعرف على واحد منها حتى يمكننا النظر إليه عن قرب.

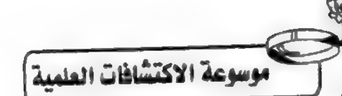
لكن على المدى الطويل، ثبت أن زفايج كان محقًا. فقد كان الأمر يتعلق بتجميع كمية كافية من الطاقة لتكوين جسيمات كوارك من "العدم" (١٩٩٦).

إسهامات ماري ولويس ليكي في نشأة الإنسان

١٩٦٤

ولد لويس ليكي فيما يعرف الآن بدولة كينيا. في ذلك الوقت، قام أولاً بالبحث عن أصول الجنس البشري؛ حيث كان يعتقد معظم الخبراء أن البشر قد تطوروا في قارة آسيا. ولكن، تم العثور على أقدم الحفريات البشرية المعروفة، التي ربما يرجع عهدها إلى نصف مليون عام، في الشرق، وتحديدًا في جزيرة جاوة والصين، وأطلق عليها اسم سلالة الإنسان منتصب القامة (١٨٥٦). على الرغم من هذا، فقد حاول تشارلز داروين أن يبرهن على أن أفريقيا هي مهد الإنسانية، وقد صمم ليكي على اختبار مدى صحة هذه الفكرة. وقد شجعه على ذلك الاكتشافات الأولى التي توصل إليها رايموند دارت في عام ١٩٢٤ حول الحفريات التي تشبه الإنسان الموجودة بجنوب أفريقيا.

تجميع السلالات البشرية معًا			
النوع	العصر الذي عاش فيه	اكتشافه لأول مرة	مكان معيشته
الإنسان الأول من سلالة Australopithecus afarensis	منذ ٣,٨ - ٢,٨ مليون سنة	١٩٧٥ (إثيوبيا)	المناطق الاستوائية والمعتدلة بأفريقيا
الإنسان البدائي الصانع من سلالة Homo habilis	منذ ٢,٥ - ١,٨ مليون سنة	١٩٦٤ (تنزانيا)	المناطق الاستوائية بأفريقيا
الرجل القرد من سلالة Paranthropus boisei	منذ ٢,٣ - ١,٢ مليون سنة	١٩٥٧ (تنزانيا)	المناطق الاستوائية بأفريقيا
إنسان جاوة أو الإنسان منتصب القامة من سلالة Homo erectus	منذ ١,٨ - ٠,٢ مليون سنة	١٨٩٦ (جنوب شرق آسيا - إندونسيا والهند)	المناطق الاستوائية والمعتدلة بأفريقيا وآسيا وأوروبا



إنسان نياندرال (Homo sapiens neanderthalis)	منذ ٢٥٠ – ٣٠ ألف سنة	١٨٥٤ (ألمانيا)	أوروبا وغرب آسيا
الكرومانيون (الإنسان الحديث – Homo sapiens sapiens)	منذ ٢٠٠ ألف سنة .	١٨٦٨ (فرنسا)	في جميع أنحاء العالم

يوضح هذا الجدول الكيفية التي تم بها جمع بعض الأدلة عن أسلافنا على مدار الـ ١٥٠ عامًا المنقضية. بوجه عام، كلما زادت تلك الفترة التي عاشت فيها السلالات القديمة قبل الإنسان الحالي، وُجدت حفرياتها الأحدث أولاً. وعلى عكس أسلافنا الأحدث المعروفين (إنسان نياندرال والكرومانيون)، فإن أسلافنا كانوا يعيشون في أماكن بعيدة جدًا غالبًا ما يسهل الوصول إليها، مثل بعض الأجزاء بقارة أفريقيا.

لقد استمرت الأدلة الجديدة المتعلقة باكتشاف سلالات أسلافنا في الظهور. ولا يزال الخلاف قائمًا حول العلاقة بين هذه السلالات. فليست جميع السلالات البشرية الأقدم تعد أسلافًا للسلالات الأحدث؛ فبعض هذه السلالات قد انقرض بالفعل.

بينما لا يزال في العشرينيات من عمره، بدأ ليكي في البحث عن الدليل في وادي أولدوفاي جورج، وهو عبارة عن وادي عميق يبلغ عمقه ١٠٠ مترًا وطوله ٥٠ كيلو مترًا يوجد بدولة تنزانيا. فيما بعد، شاركته العمل زوجته ماري، في الوقت الذي كان يعد عملها لا يقل أهمية عن العمل الذي يقوم به. وقد ذاع صيت ولدهما ريتشارد في البحث عن أصول الإنسان؛ وبهذا يكون العمل العائلي قد انتقل إلى الجيل الثالث.

بعد ٢٥ عامًا من البحث والتنقيب، تم التوصل إلى أحد الاكتشافات المهمة. ففي عام ١٩٥٩، عثرت ماري على عظام الفك لمخلوق يشبه القرد أطلق عليه اسم الرجل القرد من سلالة Zinjanthropus؛ وكان ذلك في المستوى المنخفض للرواسب الموجودة بالوادي التي يرجع عمرها إلى حوالي ١,٧٥ مليون سنة. وكان يبدو أن هذا المخلوق والمخلوقات الشبيهة (المعروفة بسلالة Australopithecines ومعناها "الإنسان القرد الجنوبي") هم أسلافنا لكنها ليست أسلاف الشمبانزي والغوريلا.

إذا صح أن سلالة الإنسان منتصب القامة من سلالة Homo erectus (وبعدها سلالة Homo sapiens) تنحدر بالفعل من سلالة Australopithecines، فما الروابط المفقودة، أي ما المخلوقات التي تملأ الفجوة؟ في عام ١٩٦٤، تم التوصل إلى أحد الاكتشافات المهمة؛

ففـي الطبقـة نفـسها للرواسـب الـتي تم فيهـا العثـور علـى الرجـل القـرد مـن سـلالة Zinjanthropus، عثرت عائلة ليكي على عظام (في البداية عثروا على فك وأجـزاء مـن يـد ثـم بعد ذلك عثروا على جمجمة) لحيـوان أطلقـوا عليـه اسـم سـلالة Homo habilis، أو الإنـسان الصانع. وقد قال ليكي إن هذا المخلوق كـان مخلوقًـا بـشريًا يمـشي منتـصب القامـة وأنـه قـام بصنع الأدوات الحجرية التي تم العثور عليهـا في وادي أولـدوفاي. وقـد كانـت هـذه الخطـوة تمثل تقدمًا كبيرًا بالنسبة لفكرة الإنسان القرد، فقد كان حجم المخ لديـه أكـبر ولديـه أصـابع مهيأة لصناعة واستخدام الأدوات والأسـلحة. وقـد اسـتنتج ليكـي أن هـذا المخلـوق لا بـد أنـه اشترك مع الجنس البشري منتصب القامة من سلالة Homo erectus والجنس البشري الحـالي من حيث الهيئة.

بعد ذلك، عثر المنقبون على عظـام لـسلالة الإنـسان الـصانع Homo habilis ومخلوقـات أخرى مرتبطة بهذه السلالة في بعض المناطق الأخرى بشرق أفريقيا، معظمها داخـل الـوادي المتصدع (بكينيا حاليًا)، ولم يتم العثور على عظام شبيهة في أي مكان آخر من العالم. لـذا، تبدو نظرية نشأة الإنسان في أفريقيا مقنعة للغاية، وذلك بهجرة سلالة Homo habilis، بمـا في ذلك سلالة الإنسان منتصب القامـة Homo erectus، مـن أفريقيـا إلى أجـزاء أخـرى مـن العالم.

إسهامات وليم هاملتون في علم الأحياء

١٩٦٤

يعد البحث الـذي نـشره عـالم الأحيـاء البريطـاني ولـيم هـاملتون في عـام ١٩٦٤ تحت عنـوان The Genetic Evolution of Social Behaviour أكثـر الأبحاث المنقولة شيوعًا في التـاريخ العلمـي؛ حيـث أشـار إليـه كـثير مـن الباحثين في إصداراتهم أكثر من تلك الأبحاث التي قـام بهـا ألـبرت آينـشتاين. أُطلق علـى هاملتون أنه من أشد المؤيدين المؤثرين لنظرية داروين منذ مجيء تشارلز داروين نفسه. فقد بدأ بحثه بسلسة جديـدة تمامًـا مـن الأفكـار بـين علمـاء الأحيـاء، الـذين عثـروا الآن علـى تفسيرات للسلوك الذي أقر فيه داروين بوجود دافع غريزي لدى الكـائن الحـي نحـو زيـادة قدرة جيناته على البقاء. والاسم الشائع لهذا الآن هو البيولوجيا الاجتماعية.

إن المفهوم الأساسي الخاص بالعالم هاملتون يمكن تلخيصه في فكرة القرابة. ويشير هذا إلى الأفراد الآخرين الذين يشترك معهم الفرد في الجينات. والجزء المهم في نظرية التطور المشار إليها يكمن في انتقال الجينات إلى الجيل التالي، وليس كيفية وصولها للفرد نفسه. لذا، فإن ما يعرف بسلوك الإيثار - مثل أن تقوم بتربية نسل الأشقاء بدلاً من الاهتمام بنسلك أو حتى التضحية بحياتك في سبيل إنقاذ الأقارب - ينطبق عليه مصطلح التطور. ولذا سوف يتأصل في الأفراد من خلال عملية الانتخاب الطبيعي.

من الناحية الحسابية المحددة لنسبة الإيثار لدى الأفراد، التي كان هاملتون يستطيع القيام بها ببراعة، يتعين على الفرد التضحية بنفسه (على الأقل فيما يخص النسل الشخصي) لإنقاذ ثمانية من أبناء العم أو الخال، أو أربعة من أبناء الأخ أو الأخت، أو شقيقين أو فرد واحد من التوأم المتماثل، والسبب في ذلك أنه في المتوسط يشترك أبناء العم أو الخال في ١٢,٥٪ من الجينات وأبناء الأخ والأخت في ٢٠٪ والأشقاء في ٥٠٪ وتوأمك المتماثل في ١٠٠٪ وفي كل تلك الحالات، فإن إجمالي الجينات المساوية لتلك التي تكون لدى الفرد سوف تنتقل إلى الجيل التالي.

كذلك، فإن هذا الأمر يوضح سبب شيوع سلوك الإيثار والتضحية بالنفس في جماعات النمل والنحل، وذلك لأن جميعها ينحدر من الملكة الوحيدة الموجودة بالخلية وذكر النحل وبهذا تكون مشتركة في معظم جيناتها. ويمكن أن يتم تعميم هذه الفكرة لتشمل المواقف التي لا يكون فيها الفرد مرتبطاً بمن حوله من الناحية الجينية لكنه يعتمد على تعاونهم أو على إمكانية الوصول إلى مواردهم من أجل الحفاظ على نسله. وبالتالي، فإن السلوك الاجتماعي المتطور جداً يمكن أن يؤثر ليس على بقاء المجموعة فحسب، وإنما على صلات القرابة داخل المجموعة.

توفي هاملتون نتيجة الإصابة بمرض الملاريا عقب الرحلة التي قام بها إلى الكونغو لجمع الأدلة التي تشير إلى أن سبب الإصابة بمرض نقص المناعة المكتسبة أو الحاملين لفيروسه (الإيدز) كان نتيجة التجارب غير المتقنة في عمل اللقاحات من بعض الحيوانات ومنها القرود. وظل هذا الأمر محلاً للخلاف.

إسهامات سيريل هازارد ومارتان شميت في دراسة النجوم

١٩٦٤

في عام ١٩٦٢، توجه عالم الفلك الإشعاعي سيريل هازارد إلى المناطق الريفية النائية بأستراليا بهدف استخدام تليسكوب لاسلكي تم استكماله حديثًا. وقد كان مهتمًا بأحد الأجرام السماوية المعروف باسم ٣ سي ٢٧٣ (3C273) بسبب موقعه الموجود بدليل كامبريدج الثالث الذي قام بوضعه عالم الفلك الإشعاعي الرائد مارتين رايل (نظرية الانفجار الكوني ١٩٥٠) بالاشتراك مع الفريق المساعد له في جامعة كامبريدج. يتناول هذا الدليل قائمة بالمصادر المتناهية في الصغر التي تسبب التشوش اللاسلكي المنتشرة بين النجوم إلا أنها على ما يبدو لا ترتبط بأي شيء مرئي من خلال التليسكوب.

في ذلك الوقت، كانت الصور الفلكية الإشعاعية أكثر تشوشًا من تلك الصور المأخوذة بواسطة التليسكوبات الضوئية العادية. لذا، فقد كان أمر التعرف على شيء مرئي في الفضاء الخارجي قد يسهم أيضًا في ذلك التشوش اللاسلكي، يعد تحديًا كبيرًا. فكر هازارد في استخدام القمر كأداة للتحكم في هذا التشوش. من الممكن تقدير موقعه في السماء بدقة بالغة؛ ومن خلال تقدير اللحظة التي يمر فيها القمر أمام مصدر الإرسال اللاسلكي ليقطع الإشارة، قد يتمكن من تحديد مصدر هذا الإرسال بدقة.

أظهرت الصور التي التقطت لتحديد النقطة التي يختبئ بها الجرم السماوي ٣ سي ٢٧٣ شيئًا غريبًا جدًا – لقد أظهرت فقاعة تشبه أحد النجوم بها خط من الضوء يبرز من جانب واحد. أما الأجسام الشبيهة التي عُثر عليها في أماكن أخرى، فقد كان لكل منها صفاته الخاصة. إن اسم كوازار (وتعني الجسم الشبيه بالنجم) ينطبق تمامًا على هذه الأجسام، ولكن يبقى السؤال: ما حقيقة هذه الأجسام؟

قام عالم الفلك الهولندي الأصل مارتان شميت، والذي كان يعمل في ذلك الوقت في الولايات المتحدة الأمريكية، بالخطوة التالية. فقد استخدم التليسكوب البالغ طوله خمسة أمتار الموجود بمرتفع بالومار بولاية كاليفورنيا، الذي كان يعد أكبر تليسكوب في العالم في ذلك الوقت، في قياس الزحزحة الحمراء للجرم السماوي ٣ سي ٢٧٣، والذي اكتشفه عالم الفلك الأمريكي سليفر في عام ١٩١٢. وكان الغرض من هذا القياس إظهار مدى سرعة انتقال

هذا الجرم السماوي، إلا أن ذلك لم يثمر عن شيء. فلم يتمكن شميت من العثور على الخطوط الطيفية المميزة في الأماكن التي توقعها. وبدا أن التفسير المعقول الوحيد غير مقبول. فقد بدت الزحزحة الحمراء للخطوط بدرجة كبيرة أكثر من تلك الموجودة بأي نجم آخر معروف. لذا، فإن ٣ سي ٢٧٣ لم يكن نجمًا من نجوم مجرة درب التبانة، لكنه يقع أبعد من ذلك في الخارج مع المجرات الأخرى.

كان ٣ سي ٢٧٣ يتحرك بحوالي ١٥٪ من سرعة الضوء، ولذا وفقًا لثابت هابل كان يبعد عنا بحوالي ٢ مليار سنة ضوئية. لكن هذا لا يعد رقمًا قياسيًا، فقد كانت المجرات الأسرع والأبعد معروفة لنا بالفعل. بيد أن ٣ سي ٢٧٣ كان لامعًا بحوالي ١٠٠٠ مرة أكثر من مجرة كبيرة قد تظهر من هذا البعد، لكنه كان يمثل نقطة وحيدة للضوء. ويبقى السؤال: ما الشيء الذي يمكنه إطلاق كل هذا الكم من الطاقة؟ في ذلك الوقت، لم يكن لدى أحد إجابة عن هذا السؤال.

إسهامات أرنو بينتسياس وروبرت ولسون في دراسة الكون

١٩٦٥

منذ حوالي عام ١٩٥٠، كانت هناك نظريتان متضادتان حول أصل الكون، ولكل نظرية مؤيدوها ومعارضوها، وهما: نظرية الانفجار الكوني الكبير ونظرية الكون الثابت؛ حيث تمت مقارنة شكل الكون الذي تغير بفعل الوقت بذلك الذي ظل كما هو دون تغيير. وقد تقبل كلا الجانبين فكرة "اتساع الكون" (١٩٢٩) والتي مفادها أن الكثير من المجرات مثل مجرة درب التبانة أو على الأقل مجموعات من المجرات، كانت تتحرك بعيدًا عن بعضها البعض.

بيد أن كلتا النظرتين قد تضمنتا العديد من المشكلات. فقد اعتقد أتباع نظرية الانفجار الكوني أن الكون كان ذات يوم كثيفًا وحارًا للغاية – وقد كان كذلك بالفعل – وأن المادة والطاقة قد انتشرتا وبردت حرارتهما من ذلك الحين وتجمعتا لتشكل النجوم والمجرات. لكن هل تستطيع قوانين الفيزياء العمل في مثل هذه الظروف الشديدة؟ بالنسبة لمن يؤيد نظرية الكون الثابت، من الممكن أن يظل مظهر الكون كما هو فقط إذا ظهرت مجرات

جديدة في الفضاء في أثناء ابتعاد المجرات الموجودة الآن. لكن هل لا يتسبب مثل هذا الظهور المستمر في خرق قوانين الحفاظ على المادة و/أو الطاقة؟ (آينشتاين ١٩٠٧)

لقد كانت نظرية الانفجار الكوني تتمتع بالفعل ببعض المصداقية. فقد كانت تتماشى مع الطريقة التي تبدو بها المجرات منتشرة في الفضاء. كما أنها يمكن أن تشرح كميات النظائر العديدة للهيدروجين والهليوم التي كشفها تحليل الضوء المنبعث من النجوم. وكان هذا أحد "الأثرين" اللذين ربما نتجا عن الانفجار الكوني وتنبأ بهما عالما الفيزياء الأمريكيان رالف ألفر وجورج جاموف.

أما الأثر الآخر، فربما يتمثل في التوهج المتبقي من ذلك الشهاب المتوهج الأولي. ونظرًا لاستمرار الكون في النمو والبرودة، فإن نوى الهيدروجين والعناصر الأخرى كانت لديها القدرة على الإمساك بالإليكترونات والاحتفاظ بها، وبهذا تكونت ذرات كاملة للمرة الأولى. في تلك اللحظة التي حدثت بعد ٣٠٠٠٠٠ سنة من لحظة البداية، استطاعت الأشعة فوق البنفسجية التي كانت محاصرة بين الجسيمات الهروب فجأة محدثة وميضًا هائلاً. فمثل هذه الأشعة يجب أن تكون موجودة على الرغم من تغيرها إلى حد كبير. ومنذ ذلك الحين، زاد اتساع الكون وبردت الأشعة لتتحول إلى فيض صغير من الموجات اللاسلكية القصيرة، التي تمثل "الخلفية الكونية من الموجات الدقيقة". وقد تنبأ الأمريكيون أن هذه الأشعة قد تشبه أنماط الطاقة التي تنبعث من جسيم أسود (معتم) تصل درجة حرارته إلى ٢,٧ درجة فوق درجة الصفر المطلق.

لم يذهب أحد ليبحث عن هذا الأثر، فلم يعتقد أحد آنذاك أنه يمكن اكتشافه. وفي عام ١٩٦٥، تم الكشف عنه بمحض الصدفة، حيث حاول كل من أرنو بينتسياس وروبرت ولسون، اللذين كانا يعملان في إحدى شركات الاتصالات، اكتشاف مصدر التداخل اللاسلكي في قنوات الاتصال من الأقمار الصناعية. وقد كان ذلك بمثابة إعادة جديرة بالملاحظة للطريقة التي اكتشف بها كارل جانسكاي كيفية وصول الموجات اللاسلكية من مجرة درب التبانة في عام ١٩٣٢. في أثناء محاولتهما لقطع هذا التداخل، كان بينتسياس وولسون ما زالا يسمعان صوتًا مصاحبًا (يشبه صوت الأفعى) لتشويش قادم من جميع أنحاء السماء، مثلما تنبأ كل من ألفر وجاموف. بل لقد كانت درجة حرارة الأشعة مناسبةً هي الأخرى. وقد كان هذا دليلاً قويًا على أن الكون كان حارًا وكثيفًا بدرجة كبيرة جدًا ذات يوم.

واجه مؤيدو نظرية الكون الثابت (١٩٥٠) مشكلة حقيقية في شرح سبب وجود خلفية من الموجات الدقيقة، حيث كانوا يقولون إن الكون الذي نعيش به لم يطرأ عليه أي تغيير. وبهذا. أصبحت نظرية الانفجار الكوني الكبير مقبولة على نطاق واسع حيث إنها تصف الأيام الأولى،. بل وربما اللحظات الأولى، في حياة الكون. أسهب بعض الباحثين الآخرين في شرح هذه النظرية (جوث ١٩٨٠)، كما عملت بعض الدراسات التي أجريت حول خلفية الموجات الدقيقة على إضافة بعض التفصيلات. إن معظم علماء الفلك الآن يتقبلون فكرة أن الكون الذي نعيش فيه له بداية، وما زالوا يتناقشون حول كيفية (أو حتى إمكانية) انتهائه.

إسهامات مارشال نيرنبرج في مجال دراسة الشفرة الوراثية

١٩٦٦

إن تعلم كيفية قراءة الشفرة الوراثية كان من أعظم الإنجازات العلمية في القرن العشرين وفي تاريخ علم الأحياء بأكمله. في عام ١٩٥٣، اكتشف كل من جيمس واتسون وفرنسيس كريك كيف يجب أن تعمل الشفرة باستخدام ثلاث مجموعات من الحروف (وهي في الواقع عبارة عن مركبات كيميائية تعرف باسم القواعد) التي تمثل كل حمض من الأحماض الأمينية. لكن أمر معرفة أي من هذه المجموعات الثلاث (التي يطلق عليها اسم الرامزة) تكون متفقة مع أحد الأحماض الأمينية استغرق أكثر من عقد آخر من الأبحاث. ولم يتم التوصل إلى المطابقة الأولى لإحدى المجموعات مع أحد الأحماض الأمينية إلا في عام ١٩٦١ على يد عالم الأحياء الأمريكي مارشال نيرنبرج.

لقد كان هذا بداية لسلسلة من الأبحاث قام بها عدد من الفرق البحثية بغرض استكمال باقي أوجه المطابقة بين المجموعات والأحماض الأمينية. وبوجه عام، تم استخدام الطريقة نفسها، فكان يتم أخذ عينة من الحامض النووي لسكر الريبوز RNA الناقل (١٩٥٩) لها نظام معروف من القواعد ومزجها بخليط من الأحماض الأمينية لمعرفة أي من هذه الأحماض ستختارها. بحلول عام ١٩٦٦، تم التعرف على المركبات جميعها، وبهذا اتضحت الشفرة الوراثية للحامض النووي لسكر الريبوز (RNA). وقد كانت الشفرة الوراثية للحامض النووي RNA هي الشفرة نفسها للحامض النووي DNA عدا استبدال أحد الحروف بها. فقد كان هناك ٢٠ حامضًا أمينيًا فقط و٦٤ طريقة لاختيار الحروف الثلاثة وترتيبها داخل الرامزة.

ولذا، فإن بعض الأحماض الأمينية يمكن أن يتم تمثيلها بأكثر من رامزة. وقد كان لبعض المركبات غير المستخدمة وظائف أخرى، مثل القيام بدور علامات الترقيم في تحديد بداية الرسالة ونهايتها.

إن أمر قراءة الشفرة الوراثية يعد تقدمًا مذهلاً في علم الأحياء. فمن خلال ذلك أصبحت لدينا المقدرة الآن على الربط بين الحامض النووي DNA الموجود بجينات الكائنات الحية، ومنها الإنسان، وبين العديد من البروتينات الخاصة، ثم الانتقال بعد ذلك إلى أبنية الجسم والعمليات التي يتم فيها تكوين هذه البروتينات أو التحكم فيها. فالتغير في شكل الجين، عن طريق الطفرات مثلاً، يمكن أن يغير من البروتين المسئول عن هذا التغير بطريقة أو بأخرى وربما يتسبب في الإصابة بمرض أو ضعف. لقد أصبح من الممكن الآن استخدام الإرشاد الوراثي أو علاج الجينات لتصحيح ما بها من خلل. كما ظهرت بعد ذلك أيضًا الهندسة الوراثية (١٩٧٢).

إسهامات لين مارجوليس في مجال علم الأحياء والخلايا

١٩٦٧

ربما تعتبر خلية النبات أو الحيوان من النظرة الأولى بمثابة جسم بسيط: فهي عبارة عن فقاعة مجهرية شديدة الصغر من سائل لها غشاء من نوع ما ويوجد بداخلها قليل من النقاط الأخرى مختلفة الألوان. لقد كشفت كثير من سنوات التقدم، إلى جانب الزيادة الملحوظة في عدد الميكروسكوبات القوية، عن التعقيدات الخفية للخلايا (١٨٣٨). فنحن نعرف الآن أن الخلية لها كثير من الأبنية والنظم المعقدة، بما في ذلك النظم المسئولة عن تخزين الطاقة وإطلاقها. بالنسبة لخلايا النباتات والحيوانات، فإن الميتوكوندريا تكون بمثابة مراكز لتوليد الطاقة الرئيسية، حيث تقوم بإطلاق الطاقة من الأطعمة. كما تحتوي خلايا النباتات الخضراء على البلاستيدات الخضراء، التي تقوم بأداء عكس هذه المهمة، حيث تعمل على اختزان الطاقة (الصادرة من ضوء الشمس) وتقوم بتحويلها إلى سكريات وبعض الأطعمة الأخرى من خلال عملية البناء الضوئي.

هناك كثير من الألغاز تحيط بصبغات هذه الخلايا، تلك الألغاز التي جعلت من عالمة الأحياء الأمريكية لين مارجوليس تفترض في أواخر الستينيات من القرن العشرين نظرية محيرة حول أصل هذه الصبغات. فالميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء، كما تدعي، كانت

عبارة عن كائنات حية تشبه البكتريا تعيش في حرية؛ حيث اتخذت مسكنًا منذ أمد طويل داخل الكائنات أحادية الخلية (وربما كانت تؤكل في البداية) ثم أصبح وجودها بعد ذلك ضروريًا لبعضها البعض. وقد أطلقت مارجوليس على هذا اسم التعايش الحيوي الداخلي (Endosymbiosis).

المالك الخمسة للكائنات الحية		
	السمات	بعض الأمثلة/التقسيمات الرئيسية
الفراديات	– أحادية الخلايا – الخلايا لا توجد بها نوى – يقوم بعضها بعملية البناء الضوئي. – يتحرك كثير منها بشكل مستقل.	– البكتريا – البكتريا ذات الصبغة الزرقاء في حالة قيامها بعملية البناء الضوئي
الأوليات	– في الأغلب تكون أحادية الخلية (ويوجد بعض منها في مجموعات). – توجد بالخلايا نوى. – يقوم بعضها بعملية البناء الضوئي. – يتحرك كثير منها بشكل مستقل.	– الكائنات الشبيهة بالنبات (تقوم بعملية البناء الضوئي)، مثل: الطحالب وكثير من الأعشاب البحرية والعوالق النباتية في المحيطات – الكائنات الشبيهة بالحيوانات (لا تقوم بعملية البناء الضوئي) وتعرف أيضًا باسم الأوالي، مثل: الأميبا والبراميسيوم والعوالق الحيوانية الموجودة بالمحيطات
الفطريات	– غالبًا ما تكون متعددة الخلايا. – توجد بالخلايا نوى. – لا تقوم بعملية البناء الضوئي. – لا تتحرك بصورة مستقلة.	– عيش الغراب والفطريات وفطريات التعفن – الخميرة (أحادية الخلية)
النباتات	– متعددة الخلايا – توجد نوى بالخلايا. – أغشية الخلايا مكونة من السليلوز.	– النباتات التي لا توجد بها سيقان (مثل الطحالب) – النباتات ذات السيقان (باقي أنواع النباتات) – النباتات التى توجد بها بذور ولا يوجد بها

	- تقوم بعملية البناء الضوئي. - لا تتحرك بصورة مستقلة. - يمكن أن تكون معقدة البناء.	جنس (مثل نبات السرخس) - يوجد بها جنس لكن لا توجد بها أزهار (شجر الصنوبر) - بها جنس وأزهار
الحيوانات	- متعددة الخلايا - توجد نوى بالخلايا. - لا تقوم بعملية البناء الضوئي. - تتحرك بصورة مستقلة. - عادةً ما تكون معقدة البناء. - لديها أعضاء حسية خاصة	- اللاحشويات (ذات التجويف) مثل: قنديل البحر وشقائق النعمان - الحلقيات (ديدان حلقية)، مثل: ديدان الأرض - الرخويات (ذات الجسم الأملس) مثل: القواقع والمحار والحبار - المفصليات (ذات الأرجل المفصلية)، مثل: الحشرات والعناكب والقشريات - الجبليات (ذات الحبل الشوكي)، مثل: الأسماك والبرمائيات والزواحف والطيور والثدييات

قامت مارجوليس بجمع بعض الأدلة القوية على هذه الفكرة، وتمت إضافة كثير من التعديلات إليها منذ ذلك الحين، حتى أصبح تفسيرها مقبولاً على نطاق واسع. تحتوي الميتوكوندريا والبلاستيدات الخضراء على خطواتهما الخاصة بعملية التكاثر، فكل منهما يحتوي على الحامض النووي DNA والشفرة الوراثية التي تختلف إلى حد ما عن تلك الموجودة بالخلية ككل، لكنها تشبه الشفرة الوراثية الموجودة بالبكتريا. ويكون تكاثرهما من خلال انقسامهما إلى نصفين عند انقسام الخلية؛ فيبدو تكوينهما قائمًا بناءً على الأوامر التي تصدرها نواة الخلية. كما أن الأغشية المحيطة بهما مميزة أيضًا وهي شبيهة بأغشية البكتريا. إن البلاستيدات الخضراء تشبه إلى حد كبير البكتريا ذات الصبغة الزرقاء التي تعيش في حرية، والتي يمكنها أيضًا القيام بعملية البناء الضوئي. وتعد حفريات هذه الكائنات الحية من الأدلة الأولى على وجود حياة على كوكب الأرض، والتي يرجع تاريخها إلى مليارات السنين (١٩٩٣).

اعتقدت مارجوليس أنها بذلك قد أضافت عنصرًا جديدًا مهمًا إلى نظرية داروين للتطور (١٨٥٩). بل إن داروين نفسه لم يكنْ يعرف المصادر المسئولة عن الاختلافات التي تظهر

بين أفراد النوع الواحد أو السلالة الواحدة التي يقوم على أساسها الانتخاب الطبيعي. في وقت لاحق، اقترح بعض الباحثين أن هذه المصادر تتمثل في التغيرات الوراثية المفاجئة المعروفة باسم الطفرات الجينية (١٩٠١). وقد حاولت مارجوليس أن تبرهن على أن عملية التعايش الحيوي الداخلي، التي تحصل فيها الخلية على مزيد من الصفات الوراثية من الكائنات الحية التي توجد بداخلها هذه الخلية، هي من أكثر مصادر التنوع أهمية. وخاصة في الكائنات الحية البسيطة والمراحل الأولى من التطور.

لقد أدى التفكير في أصل محتويات الخلية إلى قيام مارجوليس بتقديم طريقة جديدة في تصنيف الكائنات الحية، حيث أصبح التقسيم القديم البسيط للكائنات الحية بمملكة الحيوان ومملكة النبات غير ملائم منذ أمد طويل. كان تصنيفها يحتوي على ثلاث ممالك أخرى، وبهذا تكون ممالك الكائنات الحية خمس ممالك. تحتوي المملكة الأولى على أنواع البكتريا التي تتميز بعدم وجود نواة لخلاياها (التي تعرف اصطلاحًا باسم البكتريا بدائية النواة). أما المملكة الثانية، فتحتوي على الأوليات، وهي عبارة عن كائنات حية أحادية الخلية، مثل الأميبا التي تعيش وحدها أو في مجموعات. وتحتوي المملكة الثالثة على الفطريات، بدءًا من فطر التخمر وحتى فطر عيش الغراب. ومثل، النباتات والحيوانات، تحتوي الفطريات والأوليات (التي عُرفت فيما سبق باسم الأوالي) على نواة تقوم بتخزين الحامض النووي DNA (أي أن جميعها من الكائنات حقيقية النواة). تحتوي النباتات والحيوانات على كثير من النوى وغالبًا ما تكون معقدة التنظيم. أما الاختلاف الرئيسي الوحيد بين النباتات والحيوانات فيكمن في أن النباتات تقوم بعملية البناء الضوئي على عكس الحيوانات.

إسهامات جوسيلين بيل وأنطوني هيويش في علم الفلك الإشعاعي

١٩٦٧

في عام ١٩٦٧، كانت الطالبة جوسيلين بيل تقوم بمراقبة الإشارات اللاسلكية التي جمعها التليسكوب اللاسلكي الجديد بتكليف من المشرف على رسالتها أنطوني هيويش بجامعة كامبريدج. وقد كانا يبحثان عن المزيد من الأجسام الشبيهة بالنجوم المكتشفة حديثًا (هازارد وشميت ١٩٦٤)، إلا أن شيئًا

جديدًا قد لاح لهما في الأفق. فقد عثرت جوسيلين بيل على أحد مصادر التشوش اللاسلكي الذي كان يتراوح بين الضعف والقوة لمرات كثيرة كل ثانية بصورة منتظمة. ولم يكن أي منهما واثقًا من تحديد ماهية هذا المصدر في البداية. ظل هذا المصدر لبعض الوقت معروفًا باسم LGM1، اختصارًا لعبارة "Little Green Men". وقد كان على رأس قائمة الاحتمالات ذلك الاقتراح الجاد إلى حد ما الذي مفاده أن الأجسام الموجودة خارج نطاق الأرض ترسل إلينا إشارات.

إلا أن هذا التفسير الخاص لم يدم طويلاً. فقد كان من الواضح أن هذا المصدر يقع بعيدًا جدًا عن مجال الأرض. وقد عثرت جوسيلين بيل على أول مصدر للإشعاعات الكونية، بالرغم من أن النجم لم ينبعث منه حقيقةً أي شيء وإنما كان يدور بسرعة كبيرة جدًا. لكن هذا الاكتشاف كان متوقعًا بشكل كلي. فقد توقع العلماء أن ينجم عن الانهيار العنيف لنجم كبير الحجم لكي يشكل نجمًا متجددًا أعظم مثل هذا الأثر، وهو عبارة عن جسم شديد الكثافة يطلق عليه اسم نجم نيوتروني (زويكي ١٩٣٦). في أثناء انهياره، بدأ النجم في الدوران أسرع فأسرع. وربما نتج عن ذلك تكوين مجال مغناطيسي قوي للغاية فضلاً عن البدء في إطلاق الإشعاع الذي يشبه المنارة. وقد تمكن أحد الملاحظين من تسجيل نبضة من الموجات اللاسلكية في كل مرة تم فيها انبعاث الإشعاع. لذا، بدا أن مصدر الإشعاعات الكونية المكتشفة حديثًا كان النجوم النيوترونية التي توقع ظهورها فيما مضى.

عادةً ما توجد مصادر الإشعاعات الكونية في منتصف سحب الغاز المنتشر والتي خلفتها النجوم المتجددة العظمى. تصدر عن بعض هذه النجوم نبضات من الضوء المرئي إلى جانب إطلاق إشارات لاسلكية. ويعد دوران مصادر الإشعاعات الكونية منتظمًا للغاية حتى أنه تم الحكم عليها بأنها أكثر الساعات دقةً في الكون، إلا أنها قد تبطئ من حركتها مع مرور الوقت. وتدل معدلات الدوران والإبطاء الخاصة بمصادر الإشعاعات الكونية على كيفية تكون النجم المتجدد الأعظم مؤخرًا. كما أعطتنا القياسات الخاصة بمصادر الإشعاعات الكونية الدليل الأول على وجود موجات الجاذبية (١٩٧٣).

في عام ١٩٧٤، شارك هيويش جائزة نوبل للفيزياء مع زميله بجامعة كامبريدج مارتين رايل (الانفجار الكوني ١٩٥٠)، وقد كانت هذه أول جائزة نوبل يتم الحصول عليها عن

أحد الاكتشافات في مجال الفلك الإشعاعي. ولم تشاركهما جوسيلين بيل في الجائزة، بالرغم من أنها قامت باكتشاف مهم للغاية؛ حيث إن هيويش قد ساورته الشكوك في البداية في هذا الصدد.

إسهامات شيلدون جلاشو وعبد السلام وستيفن وينبرج في الربط بين الظواهر العلمية

١٩٦٧

على مدار قرون، كان اهتمام العلم منصبًا على اكتشاف الوحدة التي تربط بين الأحداث والكيانات التي تبدو مختلفة للغاية. فمعظم العلماء، سواءً في الوقت الحاضر أو في الماضي، غالبًا ما يتحركون بناءً على الاعتقاد بأن هناك علاقات تربط بين الظواهر المختلفة، بين الكائنات الحية وغير الحية على سبيل المثال (١٨٢٨). ففي القرن التاسع عشر، أظهرت التجارب التي أجراها مايكل فاراداي (١٨٣١) ونظريات جيمس كلارك ماكسويل (١٨٧١) الارتباط الوثيق بين الكهرباء والمغناطيسية. وقد تضمن عملهما الضوء إلى جانب بعض الأشكال الأخرى من الإشعاع الكهرومغناطيسي، مثل الحرارة والموجات الإشعاعية وأشعة إكس.

لم يخطر ببال ماكسويل وفاراداي أن القرن العشرين قد يظهر فيه علم فيزياء الكم بهذه الكميات من الطاقة (الفوتونات) والشحنات الكهربائية (الإليكترونات). ونتج عن وضع هذه المتطلبات في نظرية ماكسويل ظهور علم الديناميكا الكهربائية الكمية الذي يشرح جيدًا كيفية التفاعل بين الضوء والمادة بأقل قدر له.

من ناحية أخرى، كان يتم العمل على تطوير نظرية أخرى. اختصت هذه النظرية بالتعامل مع انحلال أشعة بيتا (النشاط الإشعاعي ١٨٩٩)، وهو شكل من أشكال النشاط الإشعاعي الذي يطلق الإليكترونات. وكان يبدو أن القوة التي أمدت هذا النشاط الإشعاعي أضعف بكثير (في واقع الأمر كانت أضعف مليون مرة) من قوى الجذب بين الشحنات أو المجالات المغناطيسية (ويقصد بها القوة الكهرومغناطيسية)، ومن ثم تمت تسميتها بصورة أبسط بـ"القوة الضعيفة". كما أنها كانت تعمل فقط على مسافات قصيرة جدًا – أقل من

قطر ذرة – على عكس القوة الكهرومغناطيسية التي يمكن استشعارها لمسافات كبيرة – لمسافة عدة كيلو مترات على الأقل في وميض البرق.

على الرغم من هذا، تمكنت العقول المتفتحة من إيجاد طريقة للجمع بين هاتين القوتين معًا. ففي عام ١٩٦٧، أعلن الأمريكيان ستيفن وينبرج وشيلدون جلاشو والباكستاني عبد السلام، الذي كان يعمل بإيطاليا غالبًا بشكل مستقل، عن النظام الجديد المتمثل في نظرية "الضعف الكهربائي".

اعتمد الباحثون الثلاثة على الأفكار المهمة للعالم هايدكا يوكاوا (١٩٣٦) التي مفادها أن هذه القوى دون الذرية تتضمن تبادل بعض الأنواع من الجسيمات. وحتى يتمكنوا من شرح الأشياء جميعها، وجدوا أنه يجب الحصول على أربعة أنواع من الجسيمات. وكان أحد هذه الجسيمات جسيم الفوتون المعروف (١٩٠٥) الذي ينتقل بسرعة الضوء؛ ولذا، يجب أن يكون دون كتلة. ويحتوي هذا الجسيم على القوة الكهرومغناطيسية. أما الجسيمات الثلاثة، فكانت موجودة داخل نطاق القوة الضعيفة. وكان لا بد أن تحتوي هذه الجسيمات على كتلة؛ لأن المجال القصير جدًا للقوة الضعيفة كان يعني أن حركتها ستكون بطيئة نسبيًا. وبرغم كل هذه الاختلافات، فإن هذه الجسيمات الأربعة تمثل عائلة واحدة؛ حيث تجمعها كثير من الصفات. ولكن في الوقت نفسه، مثلها مثل كثير من العائلات يتوقع وجود بعض الاختلافات بين أفرادها الكثيرين.

إن اختبار هذه النظرية يكمن في الأشياء التي يمكن توقعها، حيث أكد نموذج الضعف الكهربائي على احتياجه إلى أربعة جسيمات وأن الجسيمات الثلاثة غير المعروفة في ذلك الحين يمكن العثور عليها، إذا لم تكن موجودة في الطبيعة، من خلال الحصول عليها من الطاقة الموجودة بأحد أجهزة مسارع الجسيمات الكبيرة الجديدة (١٩٥٢). وقد تم الحصول عليها بهذه الطريقة بالفعل، بعد مرور عقد أو أكثر بقليل، وبكميات الكتل نفسها التي كانت متوقعة.

لذا، فإن هذه المرحلة من البحث الدائم عن التآلف الموجود بالطبيعة كانت نجاحًا حقيقيًا بالفعل. ولكن، كان هناك شيء أكبر من ذلك يلوح في الأفق، ألا وهو إنشاء اتحاد به تلك القوة المؤثرة يستطيع الحفاظ على تماسك النواة الذرية. وبالفعل، لم يكن هذا بالأمر البعيد (١٩٨٠).

إسهامات هربرت بويل وستانلي كوين في مجال الهندسة الوراثية

١٩٧٢

بعكس الاختراعات التكنولوجية التي ظهرت في بدايات القرون الماضية. والتي غالبًا ما كانت يتم التوصل إليها على يد العباقرة كل في مجاله، فإن الاختراعات التكنولوجية التي ظهرت في أواخر القرن التاسع عشر كانت مأخوذة من العلم. فعلى سبيل المثال، لم يكن من الممكن أن يظهر علم التقنية الحيوية الضخم دون الفهم العميق لطبيعة الجينات الوراثية والشفرة الوراثية، وهو الأمر الذي استغرق عقودًا من البحث العلمي.

ليس من الضروري أن تؤدي المعرفة الجديدة إلى التقدم التكنولوجي. فيجب أن يكون هناك طلب على التكنولوجيا ولا بد أن يقوم أحدهم باتخاذ الخطوات الأولى نحو تحويل هذه المعرفة إلى هدف عملي. بالنسبة للهندسة الوراثية، التي تعد العنصر المحوري لعلم التقنية الحيوية، فإن عام ١٩٧٢ يعد من التواريخ المهمة في هذا الصدد. أما عن الأسماء المهمة من بين الكثيرين في هذا المجال فقد برز الأمريكيان هربرت بويل وستانلي كوين.

في أعقاب الاكتشاف المهم الذي توصل إليه كل من جيمس واتسون وفرنسيس كريك في عام **١٩٥٣**، كان من المقبول تمامًا أن العمليات الحيوية – مثل تكوين البروتينات التي تعمل على بناء الخلايا الحية وتنظيمها – يتم التحكم فيها من جانب التعليمات المشفرة التي تحملها أشرطة طويلة من المركب الكيميائي المعروف بالحامض النووي DNA. وقد تعلم العلماء كيفية قراءة هذه الشفرة وكيفية تنفيذ الخلايا للتعليمات الموجودة بالحامض النووي DNA (**١٩٥٩**).

في أواخر الستينيات من القرن العشرين، تعرف العلماء على شيئين إضافيين. فقد أدركوا أنه في البكتريا – أبسط الكائنات الحية – لا يكون الحامض النووي DNA بأكمله في صورة أشرطة طويلة (الكروموسومات)؛ حيث إن بعضًا منه يأخذ شكل حلقات صغيرة يطلق عليها اسم البلازميد. كما توصلوا أيضًا إلى أنه يمكن تجزئة الحامض النووي DNA إلى أجزاء قصيرة بواسطة إنزيمات خاصة دائمًا ما تنتهي عند النقطة نفسها، وقد تقوم إنزيمات أخرى بربط هذه الأجزاء مرةً أخرى.

قام بويل وكوين مع زملائهما باستخلاص بعض أشكال البلازميد من البكتريا وفتحها. بعد ذلك، قاموا بإدخال أجزاء من الحامض النووي DNA المأخوذ من كائنات حية أخرى لمعرفة ما إذا كانت البكتريا ستقوم بتنفيذ التعليمات الجديدة مثلما فعلت مع تلك التي اعتادت عليها أو لا. وبالفعل، قامت البكتريا بالاستجابة لهذه التعليمات، وبدأت في تكوين البروتينات المشفرة من قِبل الجينات المهجنة. ومن هنا بدأت تكنولوجيا الهندسة الوراثية.

خلال عشر سنوات، كانت إحدى النتائج العملية المترتبة على هذا التقدم واضحة تمامًا. فقد كانت مجموعات البكتريا تقوم بتكوين هرمون الأنسولين البشري (١٩٢٢)، عن طريق اتباع التعليمات التي يعطيها الحامض النووي DNA المختلط بأشكال البلازميد. وبحلول عام ١٩٨٢، وافقت السلطات الحكومية بالولايات المتحدة على استخدام الأنسولين البشري بدلاً من الأنسولين الحيواني الذي كان يستخدم في الماضي في معالجة مرضى السكر. ومنذ ذلك الحين، تم تحضير مئات، بل وربما آلاف، المواد الكيميائية لتشخيص الأمراض أو علاجها عن طريق الهندسة الوراثية. وبهذا، تم إضفاء تعديلات على الكثير من الممارسات الطبية. بحلول فترة التسعينيات من القرن العشرين، ظهرت الأطعمة المعدلة وراثيًا لأول مرة بالأسواق، مما أدى إلى إثارة الجدل المستمر.

من ناحية أخرى، تطورت المعرفة أيضًا. فعن طريق ربط العديد من أجزاء الحامض النووي DNA، مثل الجينات الكاملة، داخل البكتريا، نستطيع معرفة البروتينات التي تم تشفير أجزاء الحامض النووي DNA لإنتاجها أو حتى معرفة ما إذا كانت هذه الأجزاء لا تقوم بعمل أي شيء. كانت الأدلة الأولى تفترض أن كثيرًا من أجزاء الحامض النووي DNA عديمة الفائدة، وليس لها أي دور تقوم به على الإطلاق.

لكن الطريق إلى المعرفة كانت به كثير من العقبات. والسبب في ذلك هو وجود بعض المخاوف في هذه الفترة من أن تكون البكتريا التي شاع استخدامها في هذا المجال هي البكتريا الإشريكية القولونية الموجودة بالأمعاء البشرية، والتي تساعد في عملية الهضم. فعلى سبيل المثال، إذا تم دمج الجينات المسببة للسرطان مع هذه البكتريا للتعرف على تأثيرها، فمن الممكن لها أن تنتشر من المعمل لتصيب العامة من الناس، مما قد يكون له آثاره الوخيمة.

لذا، فإنه في منتصف سبعينيات القرن العشرين، أذعن الباحثون للنداء الذي أطلقه الأمريكي باول بيرج بوقف التجارب إلى أن يتم اتخاذ الإجراءات الأمنية المناسبة. بعد يتضمن ذلك استخدام الأشكال المختلفة من البكتريا الإشريكية القولونية التي تم إضعافها إلى أقصى درجة ممكنة بحيث لا تستطيع العيش خارج أنبوب الاختبار. وما إن تم اتخاذ هذه الإجراءات الوقائية وتم تشريعها، تم استئناف العمل مجددًا وما زال مستمرًا إلى وقتنا هذا.

إسهامات جوزيف ويبر في مجال موجات الجاذبية

١٩٧٣

في عام ١٨٧١، تنبأ عالم الفيزياء الاسكتلندي جيمس كلارك ماكسويل أنه عندما تتحرك الشحنات الكهربائية فجأة، فإنه ينتج عنها موجات في المجالين الكهربائي والمغناطيسي المحيطين بها. يمكن لهذه الموجات أن تحمل الطاقة عبر الفضاء. وفي عام ١٨٨٨، عثر الألماني هاينريتش هيرتز على هذه الموجات التي نتجت عن شرارات كهربائية وهي تعرف الآن باسم الموجات اللاسلكية.

ينطبق الشيء نفسه على الجاذبية. فعندما تزداد حركة الأجسام الضخمة، لتغيير سرعتها أو اتجاهها، تنتشر الموجات في مجال الجاذبية على أنها "موجات الجاذبية"، كما يجب أن تكون قابلة للرصد في مكان ما آخر. لكن العثور على هذه الموجات لم يكن بالمهمة السهلة. فالجاذبية تعد أضعف القوى الأساسية الأربع الموجودة بالطبيعة، على الرغم من أنها القوة الوحيدة التي دائمًا ما نشعر بها. يظهر تأثير القوة "المؤثرة" والقوة "الضعيفة" (١٩٣٦) داخل الذرات فقط، ويمكن أن تعمل القوة الكهرومغناطيسية الموجودة بين الشحنات على جذب الشحنات أو صدها ودائمًا ما يتوقف تأثيرها في المسافات الطويلة.

لذا، فإنه من أجل تحضير كميات من أشعة الجاذبية يمكن رصدها، فربما يتضمن ذلك الأجسام الضخمة التي تتحرك بعنف، مثل نجمين من النجوم النيوترونية (زويكي ١٩٣٦) أو جسمين معتمتين ارتطما ببعضهما البعض أو نجم عملاق انفجر ليتفتق عنه ثقب أسود. وحتى إذا حدث هذا، فإن كمية الأشعة تضعف بسرعة كبيرة كلما انتشرت (مثل الضوء). وإذا كان الجسم يقع على مسافة بعيدة، فإن أجهزة الرصد يجب أن تكون حساسة للغاية. وعند مرور موجة الجاذبية خلال أحد الأجسام الصلبة، فلا بد أن تتسبب في ثني هذا الجسم أو مده، لكن يجب ألا يتعدى هذا حجم الذرة الواحدة. كما أن التأثيرات الأخرى –

مثل سخونة جهاز الرصد من الداخل أو تداخل أي نوع من أنواع الاهتزازات القريبة – يمكن أن ينتج عنها مثل هذه التغييرات.

تم تشغيل أول جهاز لرصد موجات الجاذبية من قبل عالم الفيزياء الأمريكي جوزيف ويبر في عام ١٩٧٣. فقد قام باستخدام قضيب مصنوع من الألومنيوم وأحدث الأجهزة (آنذاك) في قياس أي تغيير يطرأ على حجم القضيب أو شكله. ادعى جوزيف ويبر أنه رأى موجات جاذبية تعمل على ثني القضيب، لكن علماء الفيزياء اتفقوا بالإجماع على أن جهاز الرصد خاصته لم يكن حساسًا بالقدر الكافي وأن شيئًا آخر هو الذي تسبب في ظهور هذه الموجات على شاشة الجهاز.

استخدمت الأجيال التالية من أجهزة الرصد مواد أكثر غرابة وقامت بتبريد هذه المواد إلى درجات قليلة فوق درجة الصفر المطلق للتقليل من الضوضاء الحرارية. وتستخدم معظم الآلات الحديثة منها أشعة الليزر، التي يصل إلى طولها إلى عدد من الكيلو مترات. في قياس المسافة بين المرايا بالدقة المطلوبة. إذا كانت هذه النظرية صحيحة، حينئذ يتعين أن تتغير هذه المسافات بواسطة كميات متناهية في الصغر من أشعة الليزر في أثناء مرور موجة الجاذبية خلالها.

لقد ظهرت هذه الأجهزة الحديثة الأولى في وقت مبكر من القرن الحادي والعشرين؛ لذا، لم يستطع أحد الحصول على رؤية مؤكدة. وقد وضعت هذه الأجهزة في أماكن بالغة الاتساع، ولذا سيقوم العلماء بالبحث عن "المصادفات"، عندما تتسبب إحدى موجات الجاذبية في أثناء مرورها خلال الأرض في عمل اهتزاز بهذه الآلات العديدة في الوقت نفسه تقريبًا.

تم بالفعل رصد موجات الجاذبية، لكن لم يتم ذلك بصورة مباشرة ولم يكن ذلك على كوكب الأرض. ففي الفضاء السحيق، تم العثور على زوجين من النجوم النيوترونية (١٩٦٧) يدوران حول بعضهما البعض بسرعة فائقة وعلى مسافة قريبة جدًا، وعلى ما يبدو كانت تنبعث منهما بعض موجات الجاذبية. ويعد ذلك الأمر من أفضل التفسيرات بالنسبة للحقيقة التي مفادها أن النجوم المدارية المثقيلة للغاية والتي تتحرك بسرعة كبيرة جدًا، تبطئ من حركتها كلما فقدت جزءًا من طاقتها بالكمية نفسها التي تنبأت بها نظرية موجات الجاذبية.

إسهامات دونالد جوهانسن في علم الأجناس البشرية

١٩٧٤

لم يكن يخطر ببال علماء الأنثروبولوجيا أنه سيكون بإمكانهم العثور على إحدى حفريات الإنسان الأول. كذلك، لم يكن يخطر ببالهم أن اسم لوسي ستكون له مكانته في تاريخ البشرية؛ حيث قد تم إطلاق هذا الاسم على إحدى الحفريات التي تم العثور عليها للإنسان الأول من سلالة Australopithecus afarensis. ومن ثم، فقد أصبح يشكل هذا الاسم إحدى الروابط المهمة في سلسلة التطور البشري.

كان الأمريكي دونالد جوهانسن باحث حفريات غير معروف عندما قام باكتشاف حفرية الإنسان الأول من سلالة Australopithecus afarensis وكانت لأنثى عليها اسم لوسي وفي عام ١٩٧٤ في موقع يعرف باسم هادار بإثيوبيا. يرجع السبب في تسمية هذه الحفرية بذلك الاسم إلى انتشار إحدى الأغنيات الغربية في ذلك الوقت، ولذا فقد جاءت التسمية بصورة طبيعية. يوجد ذلك الموقع والمنطقة المحيطة به في الوادي المتصدع بشرق أفريقيا، وقد وجد به عدد من الاكتشافات المهمة. ويرتبط هذا المكان بمنطقة وادي أولدوفاي جورج التي تقع إلى الجنوب، حيث وجد كل من ماري ولويس ليكي (١٩٦٤) – أي قبل ذلك الوقت بعشر سنوات -- بقايا إحدى الحفريات التي يصل عمرها إلى ١,٨ مليون سنة لإنسان بدائي من سلالة Homo habilis، تلك السلالة التي كانت تستخدم الآلات في حياتها. وقد استطاع جوهانسن العثور على المزيد من البقايا المكتملة لسلالة Homo habilis في ذلك المكان في عام ١٩٨٦.

بمقارنة تلك الحفريات ببعض ما تم اكتشافه من حفريات أخرى في القرن التاسع عشر. التي كانت مجرد أجزاء مبعثرة، فإن الهيكل العظمي لتلك الحفرية التي اكتشفها جوهانسن والتي يرجع عمرها إلى حوالي ٣,٨ مليون سنة، كان مكتملاً بشكل يسترعي الانتباه، نظرًا لوجود أجزاء من الجمجمة والفك والضلوع والفقرات وغالبية الأذرع وعظام الحوض والسيقان العلوية والسفلية. من خلال هذه الأجزاء، تمكن جوهانسن من أن يبين أن ذلك المخلوق كان يمشي منتصب القامة، تاركًا يديه تتحرك بحرية – وقد كان أول مخلوق في التاريخ يقوم بهذا الأمر.

يطلق على المنطقة المحيطة بوادي هادار منطقة العفار، وقد أصبح الاسم العلمي الذي يُطلق على الحفرية لوسي هو الإنسان البدائي من سلالة Australopithecus afarensis. إن هذا الاسم يجعل تلك السلالة ضمن مجموعة الإنسان القرد، التي تشبه إلى حد كبير الجنس البشري المعروف حاليًا لكنها تختلف عنه في بعض السمات. يرى بعض الباحثين أن الحفرية التي عثر عليها جوهانسن تعتبر من ضمن مجموعتنا البشرية. على أية حال، فإن هذه الحفرية كانت شديدة الشبه بالإنسان. وفي جميع الاحتمالات، فقد تطور الإنسان من سلالة Australopithecus afarensis على مدار العديد من ملايين السنين وتحول إلى سلالة Homo habilis وربما يكون قد عاش بالقرب من تلك السلالات لبعض الوقت. يبلغ طول الإنسان البدائي من سلالة Australopithecus afarensis من ١ إلى ١,٥ متر، وكان حجم الذكور منها أكبر من حجم الإناث. وقد كشفت أعمال الحفر المستمرة عن عظام لثلاثة عشر فردًا من هذه السلالة، مما يبرهن على أن تلك الحفرية التي اكتشفها جوهانسن وتنتمي إلى سلالة Australopithecus afarensis كانت أحد أعضاء عائلة الإنسان الأول التي لدينا الأدلة عليها.

أصبح الدليل على أن الإنسان البدائي من سلالة Australopithecus afarensis كان يسير على قدمين أكثر تأكيدًا في العام نفسه، حيث عثرت ماري ليكي على مجموعة مذهلة من آثار قديمة لبعض الأقدام محفورة على طبقة صخرية من الرماد البركاني في منطقة لاتولي التي لا تبعد كثيرًا عن وادي أولدوفاي جورج. وتدل هذه الآثار على أنه منذ ما يقرب من ٤ ملايين سنة سار اثنان من الأفراد البالغين معهما طفل (وبعض الحيوانات) على طبقة من الرماد مُكونة حديثًا في ذلك الوقت والتي ما لبثت أن غطتها الأتربة ثم تحولت بعد ذلك إلى صخرة. هذه الآثار لم تدع مجالاً للشك بأن بعض الأفراد الموجودين قبل الإنسان الحالي كانوا يسيرون على قدمين في الوقت الذي كانت تعيش فيه تلك الحفرية التي اكتشفها جوهانسن. لذا، فإنه يبدو من المعقول افتراض أن تلك الآثار من الأقدام كانت لبعض المخلوقات المشابهة لهيئة الحفرية التي اكتشفها جوهانسن.

اكتشاف ماريو مولينا وشيروود رولاند لثقب الأوزون

١٩٧٤

في ثلاثينيات القرن العشرين، بدأت إحدى شركات الكيماويات بالولايات المتحدة في إنتاج مجموعة جديدة مفيدة للغاية من الكيماويات أطلقت عليها اسم الفريون والتي عرفها العالم باسم الكلوروفلوروكربون.

في ذلك الحين، كانت نظم التبريد تستخدم مركب الأمونيا كسائل مساعد في تحويل الحرارة من الداخل إلى الخارج. بالرغم من قيامه بالمهمة بصورة جيدة، فلم يكن استخدام الأمونيا أفضل الوسائل. فقد كان هذا السائل سامًا مؤديًا للتآكل، كما أنه ينطوي على كثير من المخاطر ما إذا تم استخدامه في الثلاجات الموجودة بالمنازل.

لذا، قامت تلك الشركة بتطوير مركبات الكلوروفلوروكربون ليحل محل الأمونيا. فقد كانت هذه المركبات المكونة من الكربون والهيدروجين والكلور جيدة في التبريد، فلم تكن من المواد السامة أو من العوامل المؤدية للتآكل، كما أنها لا تشتعل ولا تساعد على الاشتعال. ومع بداية الستينيات من القرن العشرين، تم اكتشاف استخدام آخر لمركبات الكلوروفلوروكربون، وذلك بإخراج المحتويات من عبوات السائل الخفيف المتطاير أو الأيروسولات.

إلا أن بعض الأسئلة المهمة حول مركبات الكلوروفلوروكربون لم يتم طرحها، مثل: ما تأثير هذه المادة على البيئة بعد تسربها؟ هل ستكون مثل مركبات المبيد الحشري المعروف باسم DDT والتي أشيد بها في أربعينيات القرن العشرين على أنها مقاوم عجيب للآفات ساعد في التغلب على الملاريا، ولكن مع بداية الستينيات تسببت في قتل عدد كبير من الطيور الصغيرة؟ ومثال آخر على ذلك، عقار التاليدوميد، وهو عقار لمعالجة الشعور بالإعياء في فترة الصباح تتناوله السيدات الحوامل والذي اكتشف بعد ذلك أنه يتسبب في إصابة الجنين بتشوهات خلقية رهيبة.

في عام ١٩٧٤، طرح عالما الكيمياء الأمريكيان ماريو مولينا وشيروود رولاند فكرتهما الداعية للقلق، والتي مفادها أن مركبات الكلوروفلوروكربون كانت من الغازات القوية جدًا في الظروف العادية التي ظلت موجودة بالجو لعشرات السنين. إلا أنها لو تم نشرها إلى

الأعلى لمسافة خمسة وعشرين كيلو مترًا في طبقة الستراتوسفير (هيفيسايد وكنيلي ١٩٠٢)، فمن الممكن أن يتسبب ذلك في انقسام الجزيئات وتفتيتها بواسطة أشعة الضوء فوق البنفسجية الكثيفة (١٨٠٢) القادمة من الشمس، مما يتسبب في تسرب غاز الكلور النشط. ومن ثم، من الممكن أن يهاجم هذا الغاز تجمعات جزيئات الأوزون (طبقة الأوزون) الموجودة في ذلك المكان. تعمل طبقة الأوزون – وهي شكل من أشكال غاز الأكسجين يحتوي كل جزيء منه على ثلاث ذرات – على منع الأشعة فوق البنفسجية، التي ربما تضر بالكائنات الحية بما فيها الإنسان، من الوصول إلى الأرض.

تنتقل هذه التفاعلات الكيميائية بسرعة أكبر في الجو البارد. وقد تنبأ رولاند ومولينا بأن أكثر الأجزاء المتضررة في طبقة الأوزون ستكون بالقرب من القطبين الشمالي والجنوبي، خاصةً في فصل الربيع. لقد كان الضرر المتوقع بفقد طبقة الأوزون كبيرًا بما يكفي ليمثل تهديدًا للصحة والبيئة.

هذا، وقد ثبت ذلك الأمر بالفعل. فقد كانت القواعد البحثية التي أنشئت في القارة القطبية الجنوبية (أنتاركتيكا) في خمسينيات القرن العشرين تقوم بقياس كميات أشعة الضوء فوق البنفسجية التي تصل إلى الأرض بصورة روتينية، وبهذا يكون لديهم خط قاعدي في ضوئه يتم قياس اتساع الثقب بطبقة الأوزون الذي بدأ في الظهور في الثمانينيات. سرعان ما اتضح الخطر الذي يحيط بكوكب الأرض عندما أصبحت طبقة الأوزون في المنطقة القطبية لا تشكل سوى نصف قوتها المعتادة في بداية فصل الربيع، وهذه المشكلة تتفاقم عامًا بعد عام.

بالتالي، ينبغي أن تكون نتيجة هذا الأمر جيدة على المدى الطويل. فبسبب هذا البحث، تحركت الحكومات والوكالات الدولية في أواخر الثمانينيات للحد من انتشار غاز الفريون ومنعه بعد ذلك، بموجب بروتوكول مونتريال. وتعد هذه الاتفاقية الأولى من نوعها في مواجهة أحد التهديدات البيئية التي تهدد كوكب الأرض. وبما أن طبقة الأوزون يتم تجديدها بواسطة أشعة الضوء فوق البنفسجية القادمة من الشمس، فإنه سوف تتم معالجة الثقب بمرور الوقت وستختفي هذه المشكلة، لكن ذلك سيستغرق عشرات السنين.

لقد انطوى الكشف عن ثقب الأوزون على تحذير للبشر تجاه ما يقومون باستعماله. فقد تعلمنا أن نكون أكثر حذرًا في استخدام المركبات الكيميائية المختلفة وأن نسأل عن جوانبها السلبية مثلما نبحث عن جوانبها الإيجابية. فكل شيء له ما يميزه وما يعيبه.

اكتشاف كو هوو لي لبعض هرمونات المخ

١٩٧٥

إن قدرة الأفيون أو المواد المخدرة الشبيهة على تقليل الألم والشعور بحالة من الاسترخاء، أو حتى النشوة، كانت معروفة منذ آلاف السنين. ففي بدايات القرن التاسع عشر، اكتُشف أن تأثير الأفيون سببه وجود مركب كيميائي شبه قلوي يُعرف باسم المورفين (١٨١٨). لكن، لم يتم التأكد بالفعل من الكيفية التي يظهر بها تأثير مركبات الأفيون. وكان من ضمن الاقتراحات المطروحة ذلك الاقتراح الذي مفاده أن هناك مراكز معينة داخل المخ والجهاز العصبي معروفة باسم المستقبلات يمكن أن ترتبط بها هذه المركبات، بمعنى أنها تتصل بها بطريقة ما لتؤثر على الحالة المزاجية والإحساس بالألم.

عندما ظهر هذا الاقتراح لأول مرة في حوالي ١٩٧٠، لم يكن من الممكن وضعه موضع الاختبار. إلا أن التقنيات الضرورية سريعًا ما تطورت؛ حيث إنه بحلول عام ١٩٨٣، توصل أحد فرق العمل بالسويد وفريقان بالولايات المتحدة بصورة مستقلة إلى أماكن تلك المستقبلات. وقد كان السؤال الملح في تلك الفترة هو: ما سبب وجود هذه المستقبلات؟ فإن جميع الناس في جميع أنحاء العالم لديها تلك المستقبلات في المخ، بالرغم من الحقيقة التي مفادها أن الجنس البشري قد تطور على ما يبدو في قارة أفريقيا، وليس في منطقة الشرق الأوسط.

تم اقتراح إجابة جريئة عن هذا السؤال. فربما يظهر تأثير المورفين لأنه يحاكي في تأثيره إحدى المواد التي يفرزها الجسم، وهي مادة كيميائية ترتبط بمواقع المستقبلات وتتدخل في عملية إرسال إشارات الألم مما يجعلنا نشعر بتحسن. وقد عثر الباحثون في اسكتلندا على مركب كيميائي صغير مكون من شريط لخمسة أحماض أمينية توجد في مخ أحد الحيوانات.

وقد أطلقوا عليه اسم الانكفالين ومعناه "داخل المخ". وقد ثبت أنه من المسكنات الخفيفة للآلام فضلاً عن أنه يساعد على الإدمان إلى حد كبير، لذا استمر البحث.

قبل ذلك بعقود قليلة، عكف عالم الكيمياء العصبية الأمريكي كو هوو لي على دراسة الغدة النخامية لخدمة هدف آخر. قام لي بعزل مادة من الغدد النخامية للجمال لم يستطع التعرف على وظيفتها. وبعدما سمع عن الاكتشاف الاستكلندي، سرعان ما أدرك وجود الانكفالين في العينة التي استخلصها. وقد ثبت أنه مسكن للآلام قوي المفعول، حيث إن مفعوله أقوى من مفعول المورفين حوالي ثلاث مرات عند حقنه في الدم، وأقوى خمسة عشر مرة عند حقنه بالمخ. وقد أطلق عليه اسم "الأندورفين"، ومعناه تقريبًا "المورفين الداخلي".

من هذا نعلم أن المخ توجد به هرمونات مخدرة طبيعية خاصة به (وهي في الحقيقة عبارة مواد كيميائية عديدة ومتشابهة). تعمل الغدة النخامية على إفراز هذه الهرمونات في الأوقات التي نشعر فيها بالضغط أو أوقات الأزمات، حيث تجعلنا نتجاهل الشعور بالألم في حالة ما إذا تعرضت حياتنا أو حياة من نحبهم للخطر. تقوم هذه الهرمونات بإعطاء الإحساس بالسعادة، ذلك الشعور بالانتشاء الذي يمكن الحصول عليه من خلال ممارسة تمرينات قوية متواصلة. من المحتمل أن تكون هذه الهرمونات هي المسئولة عن تسكين الآلام لعملية الوخز بالإبر، بل وربما تشرح لنا فكرة التنويم المغناطيسي والشعور العام بأثر الدواء الوهمي.

لكي نكون أكثر تحديدًا، يفسر لنا وجود هرمونات الأندورفين السبب في أن بعض المواد المخدرة مثل المورفين والأفيون والهيروين والكوديين (وكلها مرتبطة من الناحية الكيميائية) يمكن أن تساعد على الإدمان. فهذه المواد المخدرة تسيطر على المستقبلات الخاصة بالهرمونات الطبيعية الموجودة بالمخ لتسكين الآلام، فلا تستطيع القيام بعملها. وعندما ينتهي تأثير تلك المواد المخدرة، سواء تم تناولها عن طريق الفم أم الحقن، فإن كثيرًا من المستقبلات الحسية تُترك خالية، مما يؤدي إلى شعور المدمن بالتشوق إلى تعاطي جرعة مخدرة نظرًا للآثار السلبية التي يشعر بها نتيجة انسحاب المخدر من الجسم.



اكتشاف جون كورليس لأعماق المحيطات

١٩٧٧

بعد مرور عقود قليلة من اكتشاف تلك السلاسل الجبلية شديدة الاتساع الموجودة تحت مياه المحيطات والتي تسبب في وجودها امتداد قاع المحيط (أويـنج وهـس ١٩٥٣)، تم التوصـل إلى اكتـشاف آخـر مـذهل. ففـي عـام ١٩٧٧، قـام فريـق مـن البـاحثين الأمـريكيين بقيـادة المتخـصص في علـم المحيطـات جـون كورليس برحلـة استكـشافية لاكتـشاف واحـد مـن الأخاديـد الـتي تقـع بـالقرب مـن جـزر الجالاباجوس، التي تقع بمحاذاة ساحل أمريكا الجنوبية. استخدم هؤلاء البـاحثون غواصـة غير مأهولة تعرف باسم Alvin وقد تم تجهيزها بالمعدات اللازمـة مـن إضـاءة وكـاميرات وأجهزة لأخذ العينات.

ظن الباحثون أنه بمحاذاة الأخدود، حيث توجد بعض الـصخور المنـصهرة الـتي تخـرج من باطن الأرض لتشكل بذلك قاعًا جديدًا للمحيط، ربما تتدفق أيضًا المياه الـساخنة لتـشكل بذلك ينابيع تحت المحيط تعمل الصخور المنصهرة الموجـودة أسـفلها علـى تـسخينها. وقـد تصل درجة حرارة المياه إلى مئات الدرجات، ويمنعها عـن الغليـان الـضغط الهائـل الموجـود بالعمق. لكن المياه قد تكون معتمة، حيث تقع على عمق بعيد جـدًا (أكثـر مـن ٢٠٠٠ مـتر تحت سطح المحيط)، مما يمنع ضوء الشمس من الوصول إلى هذه الأعمـاق الـسحيقة والقيـام بعملية البناء الضوئي التي تعد أساس الحيـاة في أي مكـان آخـر علـى الكوكـب. لـذا، فـإن مصدر الغذاء الوحيد في هذه الهاوية قد يكون وابلاً رقيقًا من البقايا العضوية للكائنـات الـتي تعيش وتموت بالأعلى. ومن ثم، فقد توقع الباحثون أن تكون هذه الصخور جرداء وأن تكون المياه في الأغلب خالية من الحياة.

لم يكن الباحثون مخطئين في ظنهم. فقد وجدوا بالفعل منافذ مائية ساخنة أطلقوا عليهـا اسم المخارج الحرارية المائية لأنها كانت تقوم بإخراج الجزيئات المعدنية الـتي كانـت تعكـر المياه. وكانت بعض هذه المخارج الحرارية المائية لونهـا أبـيض والـبعض الآخـر أسـود. وقـد تراكمت رواسب تلك الجزيئات الغنية في مركباتهـا، ومنهـا كبريتيـد الحديـد، علـى شـكل مداخن وصل ارتفاعها في بعض الأحيان إلى عدة أمتـار. وعلـى غـير المتوقـع، فقـد وُجـد أن الصخور كانت تعج بالحياة، سواء حولها أو بداخلها، حيث وجدت الديدان الأنبوبية التي

يصل طولها إلى أكثر من متر وسمك البطلينوس والسرطان الأعمى والعديد من أنواع الأسماك التي يربط بينها نظام بيئي معقد. وكان يقدر حجم الكائنات الحية في كل متر مربع بالارتفاع نفسه الموجود في أي مكان آخر بالكوكب، مما يعني وجود واحة في تلك الظلمة الموحشة.

يعد هذا العالم الغريب، الذي يوجد منه صور مماثلة في المحيطات الكبيرة الأخرى، اكتشافًا مذهلاً؛ حيث إنه قد استلزم إعادة التفكير فيما تتطلبه الحياة من مقومات لكي تبقى كما هي. فمن أجل الحياة يجب أن تكون هناك كمية وفيرة من الطاقة وضوء الشمس كمصدر لها، إلا أنه توجد بعض الاحتمالات الأخرى. فهناك في هذا الظلام الدامس، ثبت أنه يمكن أن يكون مصدر الطاقة متمثلاً في المركبات الكيميائية الموجودة بالمياه الساخنة، خاصة جزيئات الكبريتيد. وتعد البكتريا التي تتكيف بصورة مذهلة مع الظروف البيئية. والقادرة على البقاء في مياه ذات درجات حرارة عالية للغاية واستخلاص الطاقة اللازمة للبقاء والنمو من هذه المركبات الكيميائية، هي بداية السلسلة الغذائية. وتوجد أنواع كثيرة منها داخل التجويفات الموجودة بجسم الديدان الأنبوبية، ونتيجة لذلك يتم إمدادها بالطعام.

بهذا نعلم أن الحياة - وحتى النظام البيئي المتكامل - لا تعتمد بالضرورة على وجود الضوء. لذا، ربما لا تحتاج الحياة إلى الضوء لكي تبدأ. وربما أيضًا تكون المحيطات العميقة المظلمة ببيئتها الهادئة والمورد الثابت من الطاقة المنبعثة من الأسفل، أول مكان على وجه الأرض بدأت عليه الحياة. إنها حقًا فكرة مثيرة.

إسهامات لويس ووولتر ألفاريز في مجال علم الفلك

١٩٨٠

تم التعرف على الاختفاء المفاجئ للكثير من أشكال الحياة على وجه الأرض في أوقات مختلفة من تاريخ هذا الكوكب لأول مرة منذ ٢٠٠ سنة على يد العالم وليم ستراتا سميث (١٧٩٩)، وقد قام ابن أخيه جون فيليبس (١٨٦٠) بتطوير هذه الفكرة. في أواخر القرن العشرين، توصلت إحدى الدراسات الجيولوجية إلى التعرف على ٦ من حوادث الانقراض؛ حيث اختفى أكثر من ٥٠٪ (وفي بعض الأحيان أكثر من ٩٠٪ من جميع صور الحياة بسرعة كبيرة جدًا.

بالبحث عن الأسباب، افترض علماء الجيولوجيا والأحياء أن سبب الانقراض يرجع إلى وجود تغيرات كبيرة في بيئة الأرض، مثل الثورات البركانية الضخمة التي تقوم بإخراج الغازات والأتربة، مما أدى إلى تغير المناخ. كما أن سقوط الكويكبات والشهب على سطح الأرض كان من ضمن الاحتمالات الأخرى، خاصةً إذا علمنا أن أحد المذنبات الصغيرة قد انفجر داخل الغلاف الجوي فوق منطقة بعيدة من سيبيريا في يونيو ١٩٠٨، مسببًا تخريب امتد بمساحة ١٠٠٠٠ كيلو متر مربع من مساحة الغابات الموجودة، بالإضافة إلى إرسال موجة صدمية حول العالم.

تم جمع أول الأدلة القوية التي تربط بين انفجار أحد الكويكبات وإحدى صور الانقراض الجماعي في عام ١٩٨٠ على يد عالم الفيزياء الأمريكي لويس ألفاريز وولده عالم الجيولوجيا وولتر. بالحفر بالقرب من مدينة جوبيو بإيطاليا، عثر هذان العالمان على طبقة رقيقة من الطمي تحوي كمية كبيرة من عنصر الإيريديوم الفلزي النادر بصورة أكثر من الحد الطبيعي. ويعد عنصر الإيريديوم أكثر الفلزات شيوعًا بالنيازك عنه في الأرض، مما جعل لويس ألفاريز ووولتر يفترضان أن هذا الطمي الغني بالمعادن دليل على أن أحد الكويكبات قد سقط على كوكب الأرض. كما تم العثور على رواسب طينية مماثلة في أجزاء أخرى من العالم فيما بعد، وكان يبدو أنها ترجع إلى الحقبة نفسها، والتي تشير إلى أنه لا بد أن حجم هذا الكويكب كان هائلاً، ربما بلغ قطره عشرة كيلو مترات، لكي يقوم بنشر هذا الكم من الحطام على مثل هذه المساحة الكبيرة من الأرض.

تم العثور في الطبقة نفسها على بعض الأدلة الأخرى المثيرة للاهتمام؛ حيث وُجدت قطع متناثرة من صخور المرو لها صفات مميزة تُظهر مدى اصطدامها على نحو شديد إلى جانب وجود كرات معدنية صغيرة ربما تكون قد تصلدت من صخور منصهرة مقذوفة في الهواء. ولعل أكثر هذه الأدلة إثارةً التاريخ الذي أُعطي للطبقة، حيث كان يعود تاريخها إلى ٦٥ مليون سنة، أي أنها ترجع إلى عهد انقراض الديناصورات في نهاية العصر الميزوزوي وبداية عصر الثدييات. ربما قام أحد الكويكبات الضخمة بتسريب كمية هائلة من الطاقة متسببًا في إحداث دمار هائل وربما أدى إلى تغير مناخ الأرض، مما جعل الديناصورات وبعض الكائنات الأخرى غير قادرة على البقاء.

لاستكمال الصورة، ولكي تكون تلك الافتراضات أكثر إقناعًا، فقد عثرت الاستكشافات التي أجريت بالمكسيك على حفرة كبيرة، والتي قد تغطت تمامًا الآن بفعل عوامل التعرية، تقع على مقربة من ساحل شبه جزيرة يوكاتان. بلغ عرض هذه الحفرة ١٨٠ كيلو مترًا، وكانت من نوعية الحفر التي يتركها الكويكب بعد اصطدامه بالأرض. جدير بالذكر أن تاريخ هذه الحفرة كان يرجع إلى ٦٥ مليون سنة أيضًا.

لكن لم يقتنع الجميع بهذه الافتراضات، وعلى الرغم من هذا فإن سقوط الكويكب بشبه جزيرة يوكاتان من المحتمل جدًا أن يكون هو المسئول عن انقراض الديناصورات. وقد أدى هذا الاكتشاف إلى البحث عن الأسباب الشبيهة المسئولة عن كثير من حوادث الانقراض الجماعي الأخرى، وأحدث هذه الأبحاث البحث الذي أجري على الكويكبات الشاردة التي تدور حول الأرض وتقترب منها وربما ترتطم بها في يوم من الأيام.

إسهامات ألان جوث في مجال دراسة الكون

١٩٨٠

إن تضخم حجم الكون لم يعد سرًا، حيث تتحرك الأجسام الكبيرة بالكون – والمقصود بها تلك المجموعات الهائلة من المجرات مع مليارات النجوم التابعة لها – بعيدًا عن بعضها البعض بسرعة كبيرة جدًا. وقد تم الإعلان عن هذا في عام ١٩٢٩ من قِبل عالم الفلك الأمريكي أدوين هابل لكن لم يعتقد أحد تقريبًا في صحة هذه الفكرة.

لشرح السبب في ذلك، فقد تم تطوير نظرية الانفجار الكوني الكبير في حوالي عام ١٩٥٠ والتي مفادها أن الكون بدأ تكوينه في صورة كتلة من الطاقة والمادة على اختلاف أحجامهما من الصغر والكبر، مع تضاؤل حجم كثافة الكون ودرجة حرارته (في البداية فقط). ومن خلال هذه الحالة الفريدة (١٩١٦)، بدأ الكون في الاتساع والبرودة مع تجمع المجرات والنجوم من الغازات والأتربة المتصاعدة لكي يتكون الكون الذي نراه الآن، وذلك بعد مرور حوالي ١٣ مليار سنة.

إن هذا ما يُطلق عليه الآن اسم "النموذج المعياري" لتاريخ الكون. إلا أن هذا النموذج يوجد به بعض المشكلات؛ حيث توجد بعض الأشياء التي لا يستطيع تفسيرها. وإحدى

هذه المشكلات هي مشكلة الانبساط. ففي العالم الذي نعرفه، لا تتلاقى الخطوط المتوازية أبدًا، ومن ثَم فنحن نقول إن الكون الذي نعيش عليه منبسط. بإمكاننا تخيل أننا نعيش في نوع آخر من الأكوان؛ حيث يكون الفضاء منحنيًا بوجه عام. ومثال على ذلك، فإن الخطوط الطولية الموجودة بالسطح المنحني للأرض تكون متوازية عند خط الاستواء إلا أنها تتلاقى في القطبين الشمالي والجنوبي. ويقول ألبرت آينشتاين إن المادة تتسبب في انحناء الفضاء (١٩١٥)، ولذا فإن المادة في الكون الذي نعيش به يجب أن تنتشر بكثافة قليلة في المتوسط حتى يظل الفضاء منبسطًا.

بعد ذلك، تأتي مشكلة الاتساق. فمنذ أن اكتشف كل من أرنو بينتسياس وروبرت ولسون الخلفية الكونية في عام ١٩٦٥، اكتشف العلماء أن هذا التوهج اللاحق لنظرية الانفجار الكوني الكبير، الذي يمثل الحالة التي كان عليها الكون بعد حوالي ٣٠٠٠٠٠ سنة من بداية تكوينه، يعد متسقًا تمامًا، وبهذا تكاد تكون درجة حرارة الكون متساوية في جميع أنحائه. لكن المادة بعيدة كل البعد عن الاتساق، فالمجرات تنتشر في الفضاء، لكن مع وجود فراغات هائلة بين بعضها البعض وبين ما بداخلها (أي بين النجوم).

فضلاً عن ذلك، هناك أيضًا مشكلة الأجسام أحادية الأقطاب المغناطيسية. من المؤكد أن قد نتج وفقًا لنظرية الانفجار الكوني أعداد ضخمة من هذه الأجسام الغريبة، التي تشبه نهاية طرف أحد الأقطاب المغناطيسية دون وجود الطرف الآخر (والتي من الصعب تخيلها). لكن، البحث المتأني لم ينجح في العثور على أحد هذه الأجسام. فأين تكون إذًا؟

واجه العالم الفيزيائي الأمريكي ألان جوث، الذي كان يبلغ ٣٤ عامًا آنذاك، بعض التحديات مع مشكلة الأجسام أحادية الأقطاب قبل أن يخطر بباله أحد الحلول الجذرية. فعلى افتراض أنه في حقبة مبكرة من تاريخه بدأ الكون في الاتساع بصورة سريعة، ولو تخيلنا أن حجم حبة البازلاء قد أصبح في حجم المجرة في غمضة عين، فإنه بعد هذه الفترة من التضخم العنيف استقر الكون على المعدل المعتدل الحالي من الاتساع.

قدمت هذه الفكرة حلاً لمشكلة الأجسام أحادية الأقطاب والكثير من المشكلات الأخرى. فقد تكون الأجسام أحادية الأقطاب وفيرة العدد في الأيام الأولى، إلا أن التضخم في حجم الكون أدى إلى انتشارها على مساحة شاسعة من الفضاء لم يرها أحد من قبل. وبالمثل، تم

التخفيف من كثافة المادة بواسطة هذا التضخم إلى أن أصبحت لا تتسبب في انحناء الفضاء. وبهذا يكون الكون الصغير المتسق قد اتسع ليصبح كونًا كبيرًا جدًا غير متسق. كما زاد عدد الاضطرابات الطفيفة في الأيام الأولى من عمر الكون بسبب تضخم حجمه لكي تصبح تلك الاضطرابات بمثابة المركز الذي تكونت حوله المجرات المنتشرة في أنحاء الكون.

يعد اسم العالم جوث أكثر الأسماء التي شاع ارتباطها الآن بنموذج الكون المتضخم قبل حدوث الانفجار الكبير، وإن كان هناك بعض الأسماء الأخرى التي ساعدت في تطوير هذه الفكرة. ذكر جوث أن كمية الطاقة المطلوبة لتضخيم حجم الكون ليصبح أكثر اتساعًا وأكثر سرعة تأتي من شيء يشبه انطلاق الطاقة عندما يتم تحويل بخار الماء إلى الماء السائل. ويعد هذا هو السبب في تضخم حجم السحابة الرعادة بصورة كبيرة. بالرغم من غرابة ذلك الأمر على ما يبدو، فإن نظرية التضخم الكوني تلقى قبولاً واسعًا الآن، كما أن الدراسات التي أجريت حول الخلفية الكونية لا تزال تقدم ما يدعم هذه النظرية (مثل الدراسات التي أجريت من خلال القمر الصناعي COBE — والذي يعد اختصارًا لـ Cosmic Background Explorer — في عام ١٩٩٢).

اكتشاف ستانلي بروسينر للبريونات

١٩٨٢

عندما طرح الباحث الهولندي مارتينيوس بيجرينك لأول مرة في عام ١٨٩٨ فكرة وجود الفيروس – وهو عبارة عن كائن أصغر بكثير من أصغر خلية إلا أنه لديه القدرة على إصابة الكائنات الحية بالأمراض – تسبب ذلك في صدمة الكثيرين. والفيروسات عبارة عن كائنات صغيرة لا تستطيع تكوين البروتين بنفسها، مثلما تفعل خلايا النباتات والحيوانات. ومع ذلك، فإنها خبيثة وفتاكة؛ حيث تحتوي على الجينات التي تقوم بتوجيه تركيب البروتينات، فهي تتكاثر من خلال فرض سيطرتها على الآلية التي يتم بها تكوين البروتينات الموجودة بالخلايا التي تصيبها والعمل على إيقافها.

قد يتوهم الناس أنه لا يوجد ما هو أصغر من الفيروس يمكن أن يؤدي إلى الإصابة بالعدوى. ومع ذلك، فإنه يوجد ما هو أصغر من الفيروس بالفعل. فعلى سبيل المثال،

المرض المعروف باسم الرعاش الذي يُصيب الأغنام والماعز وكذلك المرض المرتبط بـه والأكثر تخويفًا مرض جنـون البقر (وهو التهاب الدماغ الإسفنجي الذي يصيب البقر) ومرض كروتزفيلد جاكوب (Creutzfelt Jakob)[1] – المعروف اختصارًا باسم CJD – الذي يؤثر على الإنسان يبدو أن السبب في الإصابة بهذه الأمراض جميعها هو شيء أصغر وأبسط من الفيروس. فكل هذه الأمراض تؤدي إلى الإصابة بشكل من أشكال التدهور العقلي ويبدو أنها معدية أيضًا. ففي حوالي عام ١٩٧٤، لفتت هذه الأمراض انتباه العالم الأمريكي المتخصص في علم الأحياء العصبية ستانلي بروسينر. فقرر البحث عن أسباب انتشار هذه الأمراض.

بحلول عام ١٩٨٢، قام بعزل العامل المسئول عن انتقال العدوى. أثار الاكتشاف الذي توصل إليه الكثير من الجدال بسبب أن الجسيمات الحاملة للمرض، التي يطلق عليها البريونات (Prions)، كانت تبدو صغيرة جدًا، ربما أصغر من الفيروسات نفسها. وقد أظهرت الدراسات التالية أنها ما هي إلا أجزاء صغيرة من البروتين لا تحتوي على أية مادة جينية بالمرة، ولا حتى جين واحد. لذا، فالبريونات لا يمكن أن تتكاثر، ولا حتى بالطريقة التي تتكاثر بها الفيروسات. فيتعين أن يكون عمل هذه البريونات عن طريق تعطيل البروتينات الأخرى مباشرةً عن العمل.

توجد البروتينات على هيئة أشرطة طولية من الأحماض الأمينية، بيد أن طريقتها في العمل تعتمد في الأغلب على طريقة تكوينها وعلى الكيفية التي توجد بها مطوية في شكل معين (غالبًا ما يكون هذا الشكل شديد التعقيد). فإذا كان طريقة طي البروتين غير صحيحة، فلن يقوم بأداء عمله. أما البريونات فيبدو أنها عبارة عن بروتينات منطوية بشكل خاطئ، ومن ثم تؤدي بدورها إلى طي البروتينات الأخرى بطريقة خاطئة. من الواضح أن تأثير البريونات قادر على تجاوز حدود السلالات، فعلى سبيل المثال، يظهر مرض جنون البقر في الماشية التي تناولت وجبة لحوم تم إعدادها من لحوم الأغنام المصابة بمرض الرعاش.

---

(١) مرض كروتزفيلد جاكوب: مرض خطير يصيب العقل البشري ويتسبب في حدوث اختلال عقلي وعدم القدرة على التحكم في العضلات. ويحدث غالبًا في منتصف العمر.

استغرق بروسينر ٢٥ سنة لإقناع المجتمع الطبي بتقبل أفكاره. ويمكن أن يشمل بحثه أيضًا أنواعًا أخرى من الأمراض مثل الزهايمر والشلل الرعاش، تلك الأمراض التي تشبه فيما يبدو الأمراض التي تُحدثها البريونات، بما يتضمن ذلك تكوين البروتينات غير الطبيعية بالمخ.

اكتشاف لوك مونتيير وروبرت جالو لفيروس مرض الإيدز

١٩٨٣

في عام ١٩٨١، بدأ مرض لم يكن معروفًا من قبل في الظهور بالولايات المتحدة الأمريكية، خاصة بين الرجال الذين يمارسون الشذوذ الجنسي. فقد كان يبدو أن الأجهزة المناعية لهؤلاء المرضى، التي عادةً ما تحميهم ضد اختراق الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض لأجسامهم، قد ضعفت للغاية؛ ومن ثم فقد كانوا يقعون فريسة للعوامل المرضية التي لم تكن لتؤثر عليهم في المعتاد. وقد كانت له أعراض خاصة؛ فقد كان المرضى به يصابون بشكل نادر من أشكال الالتهاب الرئوي ونوع معين من أنواع السرطان.

بحلول عام ١٩٨٢، ظهر المرض المعروف الآن باسم الإيدز أو مرض نقص المناعة المكتسبة في أماكن أخرى من العالم. ففي فرنسا، لاحظ العاملون بمجال الصحة وجود هذا المرض بين الأشخاص الذين تمت لهم عمليات نقل دم، مثل الأشخاص المصابين بالنزيف. وبما أن عمليات نقل الدم كانت تخضع بشكل روتيني للفحص المجهري للتأكد من عدم وجود بكتريا، فكان من المحتمل أن يكون سبب الإصابة بمرض الإيدز هو وجود فيروس ما.

عكف الباحثون في معهد باستور الشهير في باريس (١٨٨٦) على البحث عن هذا الفيروس. ومثلما حدث عند البحث عن السبب في الإصابة بالملاريا (١٨٨٠)، كان الهدف يكمن في التعرف على شيء يوجد في أجسام المرضى ولا يوجد لدى غيرهم. ونظرًا لأن مرضى الإيدز يفقدون بصورة منتظمة خلايا الدم المهمة جدًا في محاربة الأمراض التي يطلق عليها اسم الخلايا اللمفاوية DC4، قام الفريق الفرنسي بقيادة لوك مونتيير باستخراج هذه الخلايا من مرضى الإيدز. وقد كان هذا الفريق يبحث عن الدليل على وجود الفيروس، وعلى وجه التحديد الفيروس (Retrovirus) الخاص بالحامض النووي RNA هذه الفيروسات المسببة للكثير من الأمراض الحيوانية تكون جيناتها موجودة داخل الحامض

النووي لسكر الريبوز RNA بدلاً من الحامض النووي DNA (١٩٥٩). ولكي تستطيع هذه الفيروسات نقل العدوى إلى الخلية، فإنها تحتاج إلى عمل نسخة من جيناتها داخل الحامض النووي DNA حتى تستطيع الآلية التي تتحكم في تكوين البروتينات اتباعها. وتحتاج عملية النسخ المذكورة إلى نوع معين من الإنزيمات يحفز تكوين الـ DNA يطلق عليه اسم (Reverse transcriptase). بالعثور على هذا الإنزيم في عينة من العينات قد يظهر الفيروس Retrovirus.

في خلال عدة أشهر، عثر الفريق الفرنسي على الإنزيم السابق ذكره في عملية زرع للخلايا اللمفاوية DC4 التي سرعان ما ماتت، وبهذا علموا بوجود الفيروس Retrovirus. وفي بداية عام ١٩٨٣، تمت رؤية الفيروس لأول مرة تحت المجهر. في هذه المرحلة، طلب مونتيير مساعدة الأمريكي روبرت جالو، الذي اكتشف الفيروس الانقلابي الآخر الوحيد من نوع Retrovirus آنذاك. والذي تسبب في الإصابة بشكل نادر من أشكال مرض سرطان الدم. وقد كان جالو يبحث هو أيضًا عن الفيروس المسبب للإيدز. ومع حلول شهر مايو من عام ١٩٨٣، استطاعت الفرق البحثية البالغ عددها آنذاك عشرات الأشخاص من ذوي الخبرة التعرف على معلومات كافية عن الفيروس، الذي أطلق عليه فيما بعد فيروس HIV (اختصارًا لعبارة Human Immunodeficiency Virus والتي تعني فيروس نقص المناعة البشرية)، ثم قاموا بنشر تلك النتائج.

على مدار الشهور التالية، أكدت الأبحاث التي أجريت بفرنسا والولايات المتحدة وفي أماكن أخرى من العالم على العلاقة التي تربط بين فيروس HIV ومرض الإيدز. وقد عثر على الأجسام المضادة لفيروس HIV في المرضى المصابين بالإيدز، وأصبح هذا هو الأساس في تحاليل الدم التي من الممكن أن تظهر وجود فيروس HIV قبل أن تظهر أعراض مرض الإيدز بمدة طويلة. ونظرًا لأن انتشار الفيروس يستلزم حدوث تبادل للسوائل الموجودة بالجسم مثل الدم والسائل المنوي، فإنه من الممكن اتخاذ التدابير الوقائية في هذا الصدد. وقد بدأ العمل على تطوير طرق العلاج وحتى اللقاحات، واستمر هذا العمل إلى يومنا هذا محققًا بعض أشكال النجاح، هذا مع بروز العالمين مونتيير وجالو من بين الكثيرين.

كذلك، فقد حاولت الأبحاث أيضًا الكشف عن أصل مرض الإيدز، الذي كان من الواضح أنه لم يكن يوجد بالصورة التي هو عليها الآن قبل ١٩٨٠. وقد ظل هذا الأمر مثارًا للجدل.

استمرار البحث عن أصل الإنسان

١٩٨٧

هناك فكرتان أساسيتان تعارض كل منهما الأخرى حول أصل الجنس البشري. الفكرة الأولى مفادها أن أصل الإنسان يرجع في الأساس إلى قارة أفريقيا؛ حيث إن الأجناس البشرية الحديثة تنحدر جميعها من سلالات بشرية أخرى هاجرت من موطنها الأصلي بأفريقيا فتطورت هناك من سلالة الإنسان منتصب القامة (١٨٥٦). أما الفكرة الثانية، فتعبر عن أن الإنسان ينحدر من أصول متعددة وسلالة الإنسان منتصب القامة هي التي هاجرت وتطورت بعد ذلك إلى سلالة الجنس البشري الحالي بشكل مستقل في عدة أماكن مختلفة.

توضح الأدلة التي تم نشرها لأول مرة في عام ١٩٨٧ أن جميع البشر يمكن أن يتتبعوا أصولهم إلى الوراء ليصلوا إلى امرأة واحدة كانت تعيش في أفريقيا منذ أكثر من ألف قرن مضى. ويطلق على هذا الأصل المفترض اسم حواء الميتوكوندريا (Mitochondrial Eve). إن كلمة الميتوكوندريا في هذا الاسم تعني أن الدليل يأتي من خلال مقارنة الحامض النووي DNA في الميتوكوندريا، التي تعد مصدر الطاقة بالخلايا الموجودة بأجسامنا (مارجوليس ١٩٦٧). يتم توريث حامض الميتوكوندريا النووي DNA (وأيضًا الجينات المكونة منه) فقط من الأمهات إلى الفتيات، مما يجعله سهل التتبع. وجدير بالذكر أن الأب لا يستطيع نقل حامض الميتوكوندريا النووي DNA لأطفاله.

إن كلمة حواء قد تضلل البعض ما إذا أوحت بأن حواء الميتوكوندريا هي أول امرأة في تاريخ البشرية. فمن الواضح أن الأمر ليس كذلك. وإنما من المحتمل أن تكون واحدة من ضمن كثير من النساء اللاتي كن يعشن في هذه الفترة، لكن يبدو أن حامض الميتوكوندريا النووي DNA الخاص بها هو الوحيد الذي انتقل إلى جميع أفراد الجيل الحالي. لم يكن للنساء الأخريات نسل يعيش حتى الآن، أو على أقل تقدير لم ينحدر منهن أحد، أي من الأم إلى البنت وهكذا.

إن التشابه بين حامض الميتوكوندريا النووي DNA لدى كل منا، الذي تم التوصل إليه من خلال إجراء المزيد من التحاليل المعقدة، يعني أنه لا بد أنه كانت توجد حواء الميتوكوندريا، حتى لو لم نكن نعرف من هي. وبينما ينتقل حامض الميتوكوندريا النووي

DNA من جيل إلى آخر دون أي تغيير، فإن الطفرات تحدث فعليًا (دي فاريس ١٩٠١) ويشكل عدد الاختلافات بين الأفراد ما يُعرف بالساعة الجينية التي تدل على العمر الذي عاشه أسلافهم. ولا يزال معدل هذه الطفرات محلاً للخلاف، إلا أن التقديرات المقبولة تشير إلى أن حواء الميتوكوندريا كانت توجد منذ حوالي ٢٠٠٠٠٠ سنة مضت. ويشير النمط الجغرافي للتغييرات إلى أن الموطن الأصلي للإنسان كان في قارة أفريقيا.

هناك نقطتان نود توضيحهما. إن نظرية حواء الميتوكوندريا لا تستبعد تمامًا فكرة انحدار الإنسان من أصول متعددة. فمن الممكن أن تكون سلالة الإنسان منتصب القامة قد هاجرت من أفريقيا عدة مرات، لكن واحدة فقط من هذه القبائل البدائية هي أصل جميع البشر المنحدرين من السلالة الأنثوية. فضلاً عن ذلك، تم العثور على شيء شبيه بحواء الميتوكوندريا في جانب الرجال أيضًا. إلا أن الرجال يحملون فقط الكروموسوم Y (ساتون وبوفري ١٩٠٢). تشير الجينات التي عُثر عليها في كثير من الأفراد إلى أكثر الأسلاف الذكور شيوعًا وحداثة والتي تمثلت في شخصية آدم الذي يحمل الكروموسوم Y، الذي يبدو أنه قد عاش في وقت أقرب بكثير من حواء الميتوكوندريا. ويبدو أن الجدال حول هذا الأمر سيستمر لفترة من الزمن.

إسهامات ستانلي بونز ومارتين فلايشمان في اكتشاف حقيقة الاندماج البارد

١٩٨٩

في عام ١٩٨٩، أذهل عالما الكيمياء الكهربائية الشهيران ستانلي بونز ومارتين فلايشمان أحد الحشود العلمية بادعاء أنهما قد قاما بعمل اندماج نووي في قطعة من جهاز صغير الحجم في ظل درجات الحرارة اليومية.

كان من المتوقع ألا يصدق الحاضرون هذا الأمر. فالاندماج النووي يتضمن دمج ذرات أحد العناصر معًا (أو، لكي نكون أكثر تحديدًا، دمج نوى هذه الذرات) للحصول على عنصر أكثر ثقلاً. ومنذ ذلك الحين، كان من المقبول أن اندماج ذرات الهيدروجين لتكوين الهليوم هو مصدر الطاقة للشمس والنجوم الأخرى (أدينجتون ١٩٢٠). لكن نوى ذرات الهيدروجين جميعها موجبة الشحنة؛ ولذا، فإنها تتنافر وتدفع بعضها البعض. ونتيجة لهذا، لا بد أن تتحرك النواة بسرعة كبيرة جدًا للتغلب على هذه العملية من التنافر، مما

يعني ارتفاع درجات الحرارة بصورة كبيرة جدًا والتي قد تصل إلى ملايين الدرجات، مثلما يحدث في باطن النجوم. وجدير بالذكر أنه لم يكن أحد ليصدق أن يحدث هذا التفاعل في درجة حرارة باردة.

صرح كل من بونز وفلايشمان أنهما قاما بملء وعاء زجاجي بالماء الثقيل (الماء الذي يحتوي على نظير ثقيل للهيدروجين المعروف باسم الديوتريوم، بدلاً من استخدام الهيدروجين العادي) ثم قاما بغمر أحد الأقطاب الكهربائية لفلز البلاديوم غير الشائع. وعندما قاما بتمرير التيار الكهربائي خلال الماء الثقيل، انطلقت كمية كبيرة من الطاقة أكثر بكثير من تلك التي كانا يقومان بإمدادها. وكان من الواضح أن ذرات الديوتريوم قد اندمجت مع بعضها البعض محولةً المادة إلى طاقة.

إن مثل هذا الاكتشاف، إذا كان صحيحًا، لن يهز علم الفيزياء فحسب، بل سيكون أيضًا حلاً للتحدي القائم بالحصول على مصدر نظيف للطاقة دون إحداث تلوث. لكن الشكوك كانت لا تزال تحيط بهذا الاكتشاف. فلو صح حدوث الاندماج بالفعل، فإن الإشعاع سينبعث في شكل نيوترونات على سبيل المثال. لكن لم يحدث شيء من هذا القبيل. كذلك، لم يستطع الباحثون الآخرون تكرار المحاولة التي ادعى بونز وفلايشمان أنهما قد قاما بها. فقد قيل إن كل ما قاما به قد حدث بطريق الخطأ أو أنهما غير مؤهلين لذلك أو أنهما قد بالغا في الأمر، مثل رؤية برسيفال لوويل لقنوات مياه على كوكب المريخ (١٨٧٧) أو مثل تلك الحملة العنيفة التي قام بها لينيوس بولينج حول الجرعات الزائدة من فيتامين (ج) (١٩٢٨). ثمة شبهة خداع في هذا الأمر، مثل ذلك الخداع الذي حدث بصدد اكتشاف تشارلز دوسون لإحدى الحفريات (١٩١٢).

ظهرت العديد من الاكتشافات المماثلة التي لم تكن متوافقة مع الأدلة التي تم العثور عليها. ففي عام ١٩٦٦، ادعى علماء من روسيا أن باستطاعتهم تحضير ماء أكثر لزوجة من الماء العادي بحوالي ١٥ مرة وبدرجة كثافة وغليان أعلى من الماء العادي. إلا أنه بعد ١٥ سنة من إجراء التجارب في هذا الشأن، لم تتوافق الأدلة مع ذلك الاقتراح. وبالتالي، لم يُكتب الوجود لهذا النوع من الماء. ومقارنةً بذلك الأمر، فقد كان الاندماج البارد يعبر عن أحد المستحيلات. وتم تكذيبه في خلال عدة أشهر وأطلقت عليه الصحافة بأنه نوع من

أنواع الدجل. بعد ذلك، تم إبعاد بونز وفلايشمان عن وظيفتهما بجامعة يوتا بسبب تلك السمعة السيئة التي اكتسباها آنذاك.

جدير بالذكر أن هذا الاكتشاف لم يذهب هباءً. فقد لاقت المحاولات الحديثة التي قامت بإنتاج هذه الطاقة الكثير من النجاحات. ويجب أن نتذكر كيف أن وليم طومسون قد أنكر وجود أشعة إكس وصرح بأنها خدعة (١٩٠٠)، في حين أنها لم تكن كذلك. كما حُكم على نظرية لويس باستور الخاصة بالتخمر (١٨٦٢) بأنها غير منطقية في حين أنها لم تكن كذلك. وتمت السخرية من نظرية ألفرد فاجنر الخاصة بزحزحة القارات (١٩١٢) التي تعد الآن من المسلمات. وربما يجد بونز وفلايشمان من يدافع عنهما، وكل ما نستطيع عمله هو الانتظار ورؤية الأدلة.

الكشف عن التكوين الوراثي البشري

١٩٩٠

فتح الاكتشاف الذي قام به جيمس واتسون وفرنسيس كريك في عام ١٩٥٣ الخاص بطبيعة الشفرة الوراثية المجال لكثير من الاحتمالات. فقد أصبح من الممكن الآن قراءة الرسالة الجينية بأكملها، أي مجموعة العوامل الوراثية المشفرة داخل خلايا الكائن الحي. كما أصبح من الممكن فك شفرة التعليمات المسئولة عن تكوين بروتينات الكائنات الحية بما يتضمن كل الإنزيمات للتحكم في التفاعلات الكيميائية التي تُكوِّن الحياة.

تتمثل المتطلبات الرئيسية في الوقت والمعدات الملائمة. فحتى أبسط الكائنات الحية لديها عشرات الجينات. ومعظمها لديه مئات بل وآلاف الجينات، وقد أدى هذا إلى وجود أعداد كبيرة جدًا من "الأزواج القاعدية"، وهي في الواقع عبارة عن تلك الحروف التي تكتب بها الرسائل الجينية. يجب أن يحتوي كل بروتين على عشرات الأحماض الأمينية؛ حيث يتطلب وجود ثلاثة أحرف للتعرف على الأحماض التي يحتاج إليها البروتين. لذا، من المحتمل أن يكون هناك ملايين من "الأزواج القاعدية" التي يمكن قراءتها ووضعها في التسلسل الصحيح. فوجود حرف واحد خطأ يعني وجود حمض أميني غير سليم، وبالتالي بروتين غير سليم. إن الاعتماد على الطرق المرهقة المستخدمة في بداية السبعينيات من القرن العشرين، كان يعني أن هذه المهمة قد تستمر إلى الأبد.

لكن الأفكار المستنيرة والتقنيات الحديثة تم الاستناد إلى استخدامها في الوقت المناسب. وقد تم التوصل إلى هذه الأساليب الحديثة من قبل بعض الباحثين أمثال الإنجليزي فريدريك سانجر (١٩٥٥) والأمريكيين وولتر جيلبرت وألان ماكسام. وفي عام ١٩٧٧، استطاع هؤلاء الباحثون بصورة مستقلة اكتشاف طرق جديدة وأكثر سرعة في ترتيب القواعد. وفي منتصف الثمانينيات، تم تحديث هذه الأساليب لكي تصبح آلية كما تم تحديث بعض الأساليب الأخرى المستخدمة في عمل آلاف النسخ من التسلسلات الطويلة للحامض النووي DNA، وبهذا تستطيع كثير من الآلات التتابعية العمل بصددها في آن واحد.

في الوقت نفسه، تم عمل تسلسل لأول تكوين وراثي مكتمل بواسطة سانجر في عام ١٩٧٨ عن طريق عمل قائمة بالأزواج القاعدية التي يصل عددها إلى ٥٠٠٠ زوج والموجودة بأحد الفيروسات البسيطة. وفي منتصف التسعينيات، استطاع الباحثون التعرف على التسلسل المؤلف من ٢ مليون زوج قاعدي في الفيروس المسبب للأنفلونزا ثم التكوين الوراثي للكائن الحي الطليق (خميرة الخباز) وبعدها البكتريا الإشريكية القولونية الموجودة بالأمعاء البشرية، ثم العمل المستمر والدؤوب في كثير من الأبحاث المتعلقة بالهندسة الوراثية (١٩٧٢). فضلاً عن التعرف على التكوين الوراثي للكائن الحي متعدد الخلايا (الدودة الخيطية). في عام ٢٠٠٠، تم اكتشاف التكوين الوراثي لأحد الكائنات الحية الأخرى المهمة في تاريخ البحث الجيني، وهو ذبابة الفاكهة (١٩١١). فقد كان أكبر تكوين وراثي عُرف في ذلك الوقت؛ حيث كان يحتوي على ١٦٥ مليون حرف.

كان الهدف الأساسي بالطبع لكل ذلك يتمثل في التعرف على التكوين الوراثي للإنسان، أي تلك الرسالة الجينية التي تصف بني البشر. بدأ مشروع التكوين الوراثي البشري الدولي في عام ١٩٩٠. وبالرغم من أن هذا المشروع كان يعمل فيه ١٠٠٠ باحث في أربعين دولة، فقد كان من المتوقع أن يستغرق نحو عشرين عامًا؛ حيث إنه في عام ١٩٩٧، لم تتم قراءة سوى ٣٪ فقط من التسلسل الجيني. لكن وللمرة الثانية، ظهرت التقنيات الحديثة والأفكار الجديدة لنجدة هذا المشروع واستطاع الباحثون إحراز تقدم فيه. كما ساعدت المنافسة أيضًا على الإسراع من خطى المشروع؛ حيث نافس هذا المشروع الذي تموله الحكومات مشروع آخر خاص برعاية الأمريكي كريج فينتر ومنشأته الخاصة به.

فجأة في عام ٢٠٠١، كان العمل على وشك الانتهاء. تم نشر القوائم الأولية بالأزواج القاعدية التي يبلغ عددها ثلاثة مليار زوج، والتي تملأ أكثر من ٣٠٠٠٠ جين بشري بصورة مستقلة، من قِبل الاتجاهين المختلفين للمشروع، العام والخاص. ويتوقع العلماء في مجال الطب أنه بمعرفة التكوين الوراثي البشري سنتمكن من التعرف على طرق جديدة ربما تكون غير معهودة في تشخيص الأمراض وعلاجها. وحتى إذا كان معدل التقدم بطيئًا، فيمكننا الآن القول إننا أصبحنا نعرف أنفسنا أكثر من ذي قبل.

القمر الصناعي الاستطلاعي COBE

١٩٩٢

إن الاكتشاف الذي توصل إليه كل من روبرت ولسون وأرنو بينتسياس في عام ١٩٦٥ الخاص بالتوهج الخافت لطاقة الموجات الدقيقة القادمة من جميع أنحاء السماء لم يكن يعني مجرد التأكيد على نظرية الانفجار الكوني الكبير المتعلقة بأصل الكون (١٩٥٠). فقد كان هذا الإشعاع يمثل صورة خاطفة عن الحالة التي كان عليها الكون بعد مئات قليلة من آلاف السنين من تكونه. وقد كان من المهم القيام بالفحص عن قرب لرؤية التفاصيل التي قد تكون مختفية هناك.

تشير القياسات الأولية للخلفية الكونية إلى أن الإشعاع كان يمثل "نظيرًا"، بمعنى أنه كان هو الإشعاع نفسه المنتشر في الاتجاهات جميعها، وقد كانت درجة حرارته واحدة (حوالي ٢.٧ درجة فوق درجة الصفر المطلق). ونظرًا لأن القياسات أصبحت أكثر دقة، فقد تم رصد تغييرات بسيطة في أجزاء قليلة من آلاف الدرجات بالإشعاع الكوني. وقد اكتشف فيما بعد أن بعض هذه التغييرات كانت ناتجة عن ظاهرة Doppler (١٨٤٢). فقد أظهرت أن كوكب الأرض وباقي كواكب المجموعة الشمسية كانت تتحرك عبر الفضاء المتصل بالخلفية الكونية بسرعة تقدر بحوالي ٣٠٠ كيلو متر في الثانية. كما أثبتت التغييرات حتى البسيطة منها حركة الأرض حول الشمس، التي تعد إثباتًا قاطعًا لنظرية كوبرنيكس (١٥٤٣) وجاليليو (١٦٣٣).



نصف المجرة الجنوبي　　نصف المجرة الشمالي

تكشف هاتان الصورتان المأخوذتان للخلفية الكونية المكونة من الموجات الدقيقة (المعروفة اختصارًا بـ CMB) الحالة التي كان عليها الكون عندما كان عمره أقل من مليون سنة. وتظهر الصور، التي تم التقاطها بواسطة القمر الصناعي الاستطلاعي للخلفية الكونية COBE (Cosmic Background Explorer) في بداية التسعينيات من القرن العشرين، نصفي السماء في فترة الليل مع وجود بقع مضيئة ومظلمة والتي توضح الأماكن التي تكون بها درجة حرارة الخلفية الكونية المكونة من الموجات الدقيقة مرتفعة أو منخفضة قليلاً عن المعدل (والتي تقدر بأجزاء قليلة من المليون من الدرجة).

يوضح هذا أنه حتى عندما كان الكون لا يزال في بداية تكوينه، فإنه لم يكن ممهدًا إلى حد كبير، حيث كانت توجد به مناطق أعلى كثافة من غيرها. ويعتقد علماء الفلك أن تلك الأشكال غير المنتظمة أو "التموجات" تمثل تلك التكوينات الصخرية التي تشكلت حولها المجرات على مدار مليارات السنين.

في عام ١٩٩٢، كان المسبار الفضائي الاستكشافي الذي أطلقته الولايات المتحدة الأمريكية تحت اسم القمر الصناعي الاستطلاعي COBE يقوم بجمع البيانات لسنوات عديدة. وعندما تم الاطلاع على ما تم جمعه من بيانات، أظهرت الملاحظات تلك التنوعات البسيطة في الخلفية الكونية من نقاط ساخنة وأخرى باردة تختلف عن بعضها البعض بنحو ٣٠ مليون جزء من الدرجة فقط. وبالرغم من ضآلة حجم هذه التنوعات، إلا أنها كانت حقيقية دون شك، حيث تقوم كل واحدة منها بتغطية درجات قليلة من السماء ويبدو شكلها مثل التموجات. وقد كان من الواضح أنه على الرغم من قدم عمر الكون، وبعد وقت قصير من

التوهج الناتج عن الانفجار الكوني الكبير، فإن الكون لم يكن متسقًا تمامًا، حيث كان متسقًا في أغلب الأنحاء لكن ليس في جميعها. وقد كان هناك بالفعل مناطق أكثر سخونة من غيرها وبالتالي كانت كثافتها أقل منها.

يعد الكون أقل انتظامًا هذه الأيام، حتى بأكبر المقاييس. فمعظم الفضاء يعتبر تقريبًا خاليًا من المادة. فالمجرات ليست منتشرة في الفضاء بانتظام، لكنها تتجمع في مجموعات صغرى ومجموعات كوكبية كبرى. وفي بعض الأماكن توجد فراغات بين المجرات يصل عرضها إلى ١٠٠ مليون سنة ضوئية، والتي يبدو أنها خالية تمامًا من المجرات، بينما توجد في بعض الأماكن الأخرى خطوط طويلة من المجرات اللامعة. ويطلق على مثل هذا التكوين الذي يبلغ طوله مئات الملايين من السنين الضوئية الجدار العظيم (Great wall).

إن الصور المأخوذة من خلال القمر الصناعي COBE تربط الأزمنة البعيدة بالوقت الحاضر. فيبدو أن التقلبات الصغيرة في كثافة الكون في الفترات الأولى من عمره (والتي تمثلها التموجات الصغيرة) قد اكتسبت قوة أكثر بفعل الجاذبية على مدار مليارات السنين إلى جانب تجمع المواد معًا لتتشكل منها المجرات والمجموعات النجمية والكوكبية التي نراها اليوم. وقد تم شرح هذه الملاحظات بصورة أفضل من خلال نظرية التضخم الكوني قبل حدوث الانفجار الكبير (جوث ١٩٨٠)، ومن ثم فقد اكتسبت هذه النظرية مصداقيتها. كما قامت الصور بتدعيم إحدى الأفكار الأكثر تطرفًا والتي مفادها أن أكثر من ٩٠٪ من الكون يعتبر غير مرئي (زويكي ١٩٣٦). فالكون غير مكون من إحدى المواد العادية كتلك المكونة لأجسامنا أو للكوكب الذي نعيش عليه. ويبدو أن جزءًا كبيرًا من الكون يتكون من مادة معتمة لم يتم الكشف عنها، بل إن أجزاء أكبر من ذلك بكثير تتكون من تلك الطاقة المعتمة الغامضة.

كشف القمر الصناعي COBE عن المزيد من الاكتشافات. فقد أمدنا بأكثر التقديرات دقة حتى الآن عن عمر الكون (حوالي ١٤ مليار سنة) وعن ثابت هابل الذي أظهر لنا مدى سرعة اتساع الكون (١٩٢٩). وهذه القصة ما زالت تلقى رواجًا. فمنذ إطلاق القمر الصناعي الاستطلاعي COBE، تم إطلاق مسبار استكشافي آخر أُطلق عليه اسم WMAP قام بعمل قياسات أكثر دقة، حيث تم استخدام معدات أحدث. ونظرًا لأن ألغاز المادة المعتمة وكذلك الطاقة المعتمة لم تحل بعد، فإن الخلفية الكونية لا يزال بها الكثير للكشف عنه.

نظرية الألواح التكتونية

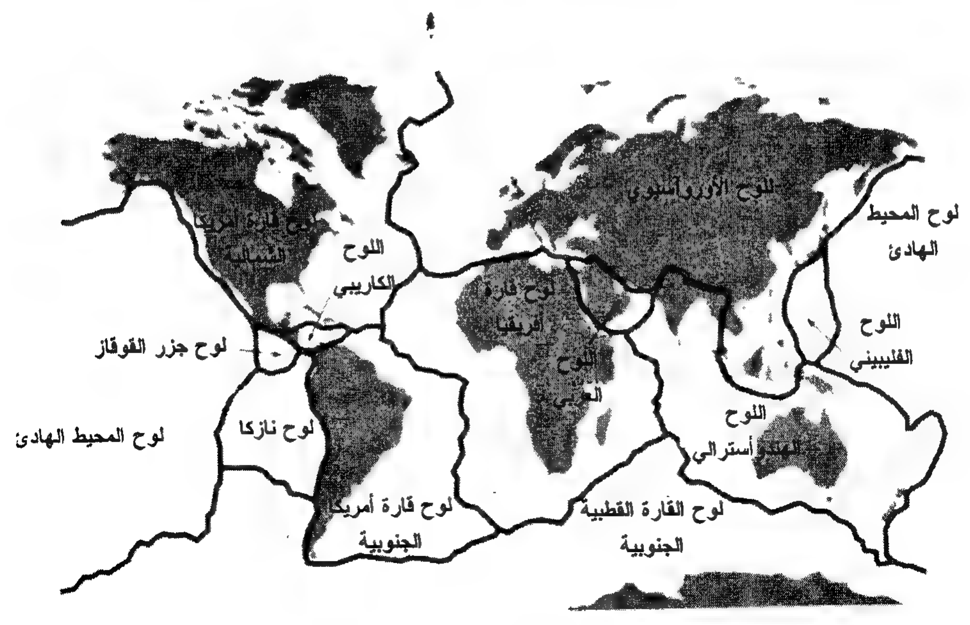
١٩٩٢

إن إطلاق القمر الصناعي Lageos في الفضاء في عام ١٩٩٢، كمشروع مشترك بين الولايات المتحدة الأمريكية وإيطاليا، يعد من الأحداث المهمة. فقد أفاد إطلاق هذا القمر الصناعي العلوم الأرضية بقدر ما أفاد اختراع المجهر والتليسكوب العلوم الفلكية والأحياء في القرن السابع عشر. فالأجرام السماوية والظواهر الدقيقة جدًا أو البعيدة جدًا عن مجال الرؤية أو القياس أصبحت الآن في متناول الأيدي.

من ناحية أخرى، تمثل هدف علماء الجيولوجيا في القياس المباشر لحركة القارات. فقد تبين الآن صحة نظرية ألفرد فاجنر المتعلقة بزحزحة القارات (١٩١٢)، التي سُخر منها في البداية ولم يتم تصديقها، بعد اكتشاف ظاهرة اتساع قاع المحيطات والبحار (أوينج وهس ١٩٥٣)، فأصبح لا يوجد إلا قلة من الناس يشكون في أن القارات تتحرك فعليًا، لكن هذه الحركة كانت بطيئة جدًا لا يمكن ملاحظتها.

أما الآن، فقد أصبح بإمكان أشعة الليزر الخارجة من المحطات الأرضية التي تقوم المرآة المثبتة بالقمر الصناعي بعكسها قياس المسافة بين نقطتين على سطح الأرض بدقة قد تصل إلى عدة سنتيمترات. لذا، فإن أي تغيير في هذه المسافة نتيجة زحزحة القارات قد يظهر في خلال عدد قليل من السنوات. فكلنا يعرف الآن أن القارات بلا شك تتحرك من مكانها عدة سنتيمترات قليلة في المتوسط كل عام، تقريبًا بمعدل سرعة نمو أظافر اليدين.

أصبحت الآن نظرية زحزحة القارات، التي ثبتت صحتها بالفعل، جزءًا من نظرية أكبر تعرف باسم الألواح التكتونية. فالقارات تتحرك بالقرب من بعضها البعض (مثلما يحدث في قيعان المحيطات)؛ نظرًا لأنه يتم حملها على قطع مختلفة من القشرة الأرضية، يُطلق عليها اسم الألواح. وهناك نحو ١٥ لوحًا من هذه الألواح طافيًا فوق الطبقة الساخنة غير الصلبة التي توجد تحت القشرة الأرضية. تتسم بعض هذه الألواح بضخامة حجمها، مثل اللوح الذي يمتد في قاع المحيط الهادئ، بينما يكون البعض الآخر صغيرًا إلى حد ما. يتم دفع هذه الألواح إلى الدوران بفعل القوى الهائلة القادمة من الأسفل، ثم يتم إطلاقها والتقليل منها بفعل الحرارة الداخلية لباطن الأرض ويتم نقلها في أغلب الأحيان من خلال الأخاديد والجبال الموجودة في قاع المحيطات حيث تتكون القيعان الجديدة باستمرار.



توضح هذه الخريطة الألواح الرئيسية التي تنقسم إليها الطبقة الخارجية لسطح الأرض (أو القشرة الأرضية). إن التحرك النسبي بين هذه الألواح يؤدي إلى زحزحة القارات وفتح المحيطات وغلقها وتجميع أو فصل الكتل الأرضية كبيرة الحجم.
بمحاذاة كثير من خطوط الاتصال بين هذه الألواح، فإن قاع المحيط إما أن يتكون أو يتآكل. وتحدث معظم الزلازل والبراكين وتتكون الخنادق العميقة بقيعان المحيطات إلى جانب السلاسل الجبلية مثل سلسلة جبال الأنديز وجبال الروكي والهيمالايا والألب بالقرب من حدود هذه الألواح.

لم يعد هناك شك الآن في هذه النظرية، حيث أصبح هناك تفسيرات لكثير من الظواهر الأخرى بكل سهولة ودون شك. فلو أخذنا الزلازل كمثال، توضح الخرائط أن الزلازل تحدث في الغالب بمحاذاة حدود الألواح، خاصة عندما يقوم أحد أجزاء القشرة الأرضية بدفع بعضها البعض كما يحدث في المنطقة المحيطة بالمحيط الهادئ. وفي حالة ما إذا دخل أحد الألواح تحت الآخر (منطقة السحب)، فإنه ينتج عن ذلك حدوث براكين وتكون خنادق عميقة بالمحيط. وفي حالة الاصطدام المباشر للألواح، فإنه يمكن أن يتسبب هذا في تكون بعض الجبال وارتفاعها عن سطح الأرض، مثل الهيمالايا والأنديز. وتعرف الألواح التكتونية الآن بأنها قوة جبارة تقوم بتشكيل سطح كوكبنا، سواء في الماضي أو الحاضر أو المستقبل.

باسترجاع الحركات التي تحدث بالقشرة الأرضية على أجهزة الكمبيوتر والعثور على بعض الأدلة الأخرى، يمكن للباحثين تقدير كيف تم تنظيم القارات وإعادة تنظيمها بصورة مستمرة في الماضي. وتشير الأدلة إلى أن جميع القارات كانت كتلة واحدة منذ ما يقرب من ٣٠٠ مليون سنة، عندما كانت الديناصورات لا تزال موجودة على الأرض.

تجزأت هذه القارة الكبيرة ببطء – وكان أول من تخيل ذلك هو العالم فاجنر وأطلق عليها اسم أم القارات "بانجيا" (ويقصد بها جميع القارات) – حيث إنها في بادئ الأمر انقسمت إلى قارتين، هما لوراسيا في الشمال وجوندوانا في الجنوب، ثم انقسمت بعد ذلك إلى القارات التي نعرفها الآن. وقد كان لكل هذا النشاط تأثيره الواضح على عملية التطور: فالثدييات في قارة جوندوانا كانت، ولا تزال، تختلف بصورة ملحوظة عن تلك الموجودة بقارة لوراسيا. كما كان لهذا الانقسام الذي حدث بالقارات تأثير أيضًا على المناخ، فيبدو أن العصور الجليدية كانت أكثر شيوعًا وانتشارًا عندما كانت القارات مجتمعة ناحية القطب الشمالي، كما هي الآن.

لذا، فقد أصبحت نظرية الألواح التكتونية أكبر بكثير من أن تكون مجرد نظرية عن زحزحة القارات. فهي عبارة عن إطار واسع النطاق يوفر لنا الكثير من الأدلة التي تمكننا من تكوين رؤية حول طبيعة الكوكب الذي نعيش عليه، مثلها في ذلك مثل النظرية الذرية (١٨٠٨) أو معادلات ماكسويل (١٨٧١) أو الشفرة الوراثية (١٩٥٣). فهي تمثل وحدة الفهم والإدراك التي تسعى العلوم إلى تحقيقها.

إسهامات وليم شوبف في مجال علم الحفريات البيولوجية

١٩٩٣

ربما لم نكن سنعرف شيئًا عن تاريخ كوكبنا، أو تطور الحياة، ما لم تكن هناك تلك الدلائل التي وجدت على الصخور. فمنذ عهد ليوناردو دافنشي (١٥١٧)، افترض الباحثون أن الحفريات هي بقايا الكائنات الحية التي كانت تعيش في الماضي وقد تكون قد انقرضت الآن. بعد ذلك، عرف الباحثون أن تسلسل الحفريات يعكس كيف تطورت الحياة من البساطة إلى التعقيد، من الأميبا إلى البشر. فقد اتضحت كيفية انتشار الحياة أو انحسارها عبر الزمن (١٨٦٠). وباكتشاف

طريقة تحديد عمر الصخور والأرض باستخدام الإشعاع (١٩٢١)، استطعنا بدء حساب عمر الطبقات الصخرية وآثار الحياة الموجودة بداخلها.

كذلك، مثلما اكتشف تشارلز داروين في عام ١٨٥٩ أن هناك القليل من الحفريات المسجلة التي تدل على الأيام الأولى من الحياة، فإنه تكاد لا توجد أية حفريات مسجلة قبل ظهور الأنواع المختلفة من المحار وأشباهها في بداية العصر الكمبري الذي يُقدر بحوالي ٥٥٠ مليون سنة. ومع ذلك، فيبدو أن الصخور الأقدم قد تحولت إلى الصلابة قبل ذلك منذ أكثر من ثلاثة مليار سنة. لذا، فكيف كان شكل الحياة إذن طوال هذه السنوات؟

كما يحدث غالبًا في تاريخ العلوم، استطاعت التقنيات الحديثة الإجابة عن هذا السؤال. وقد كان هناك اثنتان من التقنيات الحديثة المهمة على وجه الخصوص مستخدمتين في هذا الصدد وهما: طريقة لقياس نسبة النظائر العديدة للعناصر الموجودة بالعينة الصخرية، والأخرى هي عبارة عن طريقة لالتقاط صور ثلاثية الأبعاد للأبنية الصغيرة المختفية داخل الصخرة. وكان بإمكان الطريقة الأولى إظهار آثار الكربون وقياس نسبة النظيرين الكربون ١٢ (C12) والكربون ١٣ (C13)، مما يدل على وجود الحياة في هذه الفترة. أما الثانية فكان بإمكانها إظهار أشكال لبعض الخلايا الحية التي كانت تعيش في يوم من الأيام، إذا كان هذا هو الشكل التي كانت عليه.

كان عالم الحفريات البيولوجية (ويقصد به عالم أحياء متخصص في دراسة الحياة القديمة) الأمريكي وليم شوبف أحد العلماء البارزين في استخدام هذه الأساليب. ففي بدايات عام ١٩٩٣، استخدم هاتين الطريقتين في محاولة للعثور على أدلة تشير إلى وجود حياة قديمة جدًا بالصخور الموجودة بالمناطق القاحلة بغرب أستراليا بالقرب من منطقة ماربل بار. وعلى الرغم من أن عمر هذه الصخور يقدر بحوالي ثلاثة مليارات سنة ونصف، وفقًا للعناصر المشعة التي توجد بداخلها، فإن حفريات الكائنات الحية الموجودة بداخلها تبدو شبيهة إلى حد كبير ببعض الكائنات الحية الموجودة الآن - ويقصد بها مجموعات الكائنات الحية التي تعيش بين الصخور وتقوم ببناء شعاب مرجانية في الخلجان الضحلة بمحاذاة الساحل الغربي الأسترالي. وهذه الكائنات هي البكتريا الزرقاء، مثل الطحالب الخضراء التي يميل لونها للزرقة، والكائنات الحية البدائية التي تخلو خلاياها من النواة لكنها

قادرة على القيام بعملية البناء الضوئي والاحتفاظ بضوء الشمس وثاني أكسيد الكربون لتكوين غذائها. ويبدو أن الارتباط الوثيق بين هذه الكائنات في الصخور القريبة مكنها من القيام بالوظيفة نفسها التي كانت تقوم بها الحفريات القديمة، وهذا هو سر التشابه بينها.

يقدر عمر الصخور الأقدم الآن التي تحتوي على حفريات في مناطق أخرى من العالم بالعمر نفسه تقريبًا أو أحدث قليلاً. لذا، فقد ثبت أن الحياة على كوكب الأرض قد ظهرت منذ قديم الأزل، بالرغم من أن الكائنات الحية قد استغرقت نحو ثلاثة مليار سنة لكي يكون لها أكثر من خلية واحدة. وهناك نتيجة أخرى. فحتى لو لم يتم العثور على آثار قديمة تدل على وجود الحياة، فإن هذا الاكتشاف يعني أن الحياة قد بدأت على كوكبنا في غضون مئات الملايين من السنين التي برد فيها السطح وأصبح صلبًا. فالأمر يبدو كما لو كانت الحياة تنتظر المكان المناسب لتقوم عليه.

اكتشاف المزيد من الكواكب في المجموعة الشمسية

١٩٩٥

في ديسمبر عام ١٩٩٥، وصلت سفينة الفضاء Galileo إلى كوكب المشترى بعد قيامها برحلة استغرقت ستة أعوام لتقطع مسافة ٤ مليار كيلو متر بعيدًا عن الأرض. وتعد هذه المهمة (١٦١٠) أكثر المهام طموحًا في ذلك الوقت، حيث كان على السفينة الدوران حول الكوكب العملاق واستكشاف النظام الذي يعمل به لسنوات عديدة. وقد نجحت السفينة نجاحًا مبهرًا، حيث قامت بالدوران في ٣٥ مدارًا على مدى ثمانية أعوام، مما يظهر مدى التقدم الذي وصل إليه استكشاف الفضاء منذ إطلاق أول قمر صناعي بدائي في مدار الأرض عام ١٩٥٧، ليبدأ بذلك عصر غزو الفضاء.

إذا كانت السنوات الأخيرة من القرن العشرين تتميز بظهور العلوم المتطورة عظيمة الشأن، فلن يكون هناك شيء أكبر من التحدي الذي يهدف إلى غزو الفضاء. فغزو الفضاء ينطوي على قطع مسافات هائلة واستخدام المعدات الضخمة ومواجهة البيئات العدائية العنيفة وتحمل تكاليف باهظة والتخطيط الدقيق الممتد لعشرات السنين. لكن النتائج كانت عظيمة بقدر هذه المشقة. فقد تغيرت معرفتنا بالكون المجاور لنا إلى جانب تغير إدراكنا للكوكب الذي نعيش عليه.

تم تدعيم الجزء الأكبر من هذه المهمة من قبل الولايات المتحدة الأمريكية، بجانب مشاركة روسيا واليابان والدول الأوروبية هي الأخرى ببعض الإسهامات؛ حيث كان علماؤها يترقبون وصول المعلومات المرسلة عبر المحطة اللاسلكية. لكن الأمور لم تسر على النحو المراد. فقد خفقت بعض مركبات الفضاء الاستكشافية في الطيران أو تحطمت في أثناء هبوطها. كذلك، فقد كان الاتصال ينقطع أحيانًا بين بعض تلك المركبات والمحطات الأرضية أو كانت تلك المركبات تُفقد تمامًا. وعلى الرغم من كل ذلك، فإن عصر غزو الفضاء يمثل بوجه عام نجاحًا مذهلاً للتكنولوجيا الحديثة والابتكار والإصرار والمعرفة. وقد كانت سفن الفضاء المجهزة تقوم بحمل الكاميرات والكثير من المعدات العلمية ثم التحليق بالقرب من جميع الكواكب، عدا كوكب بلوتو – الذي خرج من كواكب المجموعة الشمسية حاليًا – نظرًا لبعده، والدوران في مدارات القمر والشمس وكوكب الزهرة والمريخ والمشترى ومنذ وقت قريب كوكب زحل. تمكنت الآلات من الهبوط على سطح القمر والزهرة والمريخ وأكبر الأقمار التابعة لكوكب زحل، ألا وهو قمر تيتان، ثم عادت بصور عن تلك الأماكن.

تعجبنا من المناظر العديدة الخلابة، بدءًا من سطح قمر المشترى بلونيه الأصفر والأحمر والذي تكون نتيجة عشرات الثورات البركانية النشطة وصولاً إلى السطح المتجمد للجسم المرافق لكوكب نبتون وهو تريتون، وينابيعه الحارة المليئة بغاز النيتروجين السائل، ومن الصخور الصلبة المحترقة بفعل حرارة الشمس لكوكب عطارد إلى الألوان الكثيرة التي تمتد وتدور خلال الأغلفة الجوية الغنية بالمواد الكيميائية لكوكبي المشترى وزحل.

من المعروف الآن أن كوكب المريخ يحتوي على بركان خامد يبلغ ارتفاعه عشرين كيلو مترًا ووادي متسع يبلغ عرضه ١٠٠ كيلو متر يمتد في المنتصف حول الكوكب. كما ثبت أن الحلقات الثلاث أو الأربع التي تحيط بكوكب زحل (كما نراها من الأرض) عبارة عن مئات الحلقات من الأشكال المتشابكة المحيرة. كذلك، فقد اتضح أن المجموعة الشمسية قد اتسعت لتشمل عشرات الأقمار الصغيرة، التي لا يمكن رؤيتها حتى من خلال أكبر التليسكوبات الموجودة على الأرض، والتي تدور حول المشترى وزحل وأورانوس ونبتون.

في الوقت الذي نشاهد فيه ذلك، تحلق السفن الفضائية على رأس المذنب هالي أو تحط بسلاسة على أحد الكويكبات أو تقوم بأخذ عينة من الرياح الشمسية أو تقوم بالانتقال عبر

حلقات كوكب زحل أو تطوف عبر سطح القمر والمريخ أو تقوم برسم خريطة لسطح كوكب الزهرة باستخدام الرادار مخترقة سحابته التي يصعب اختراقها. بالإضافة إلى ذلك، استطاعت مركبتان من المركبات الفضائية الاستكشافية الخروج عن نطاق المجموعة الشمسية كليةً، حيث اجتازتا مداري كوكب نبتون وكوكب بلوتو وهما في طريقهما الآن إلى الفضاء بين النجوم.

لقد تعلمنا الكثير لدرجة أن أي ملخص لا بد أن يكون غير مكتمل. ولعل الأكثر إثارة في هذا الصدد وجود ذلك الدليل على أن كوكب المريخ، البارد الآن والقاحل على ما يبدو، كان ذات مرة أكثر دفئًا ورطوبة، وأن قمر كوكب المشترى أوربا المغطى بالثلوج به محيط من المياه المالحة مختفيًا في أعماقه. وربما كانت، ولا زالت، تلك البيئتان ملائمتين لوجود حياة عليهما من نوع ما.

العثور على أول كوكب خارج المجموعة الشمسية

١٩٩٥

على مدار ٤٠٠ سنة مضت، منذ أن قام جاليليو (١٦١٠) وغيره من العلماء باستخدام التليسكوبات البدائية الخاصة بهم لأول مرة لرؤية السماء في فترة الليل، تضاعف عدد الأجرام السماوية المعروفة والموجودة بالمجموعة الشمسية؛ وذلك عند اكتشاف ثلاثة كواكب أخرى وعشرات الأقمار ومئات، وربما آلاف، المذنبات والكويكبات. وقد شك العلماء في أن يكون هناك أجرام أكثر من ذلك، وربما توجد ملايين الكتل الثلجية والصخرية التي تدور حول الشمس في الفضاء السحيق شبه المعتم البعيد عن الكواكب الخارجية.

لكن هذه الأجرام لا تزال تحت سيطرة الشمس، ومن المفترض أن جميعها يتكون من سحابة ضخمة مكونة من غازات وأتربة دائمة الدوران، مثلما افترض لابلاس في البداية (١٧٩٦). بما أننا نعلم بوجود ملايين النجوم الشبيهة بالشمس، فهل يمكن أن نتساءل عما إذا كانت هذه العملية نفسها قد تحدث في مكان آخر، مخلفةً مجموعات من الكواكب والنجوم البعيدة. قد يبدو هذا معقولاً، خاصة وأن تليسكوب هابل الفضائي قد عثر بالفعل على حلقات من الغاز والأتربة تحيط بالنجوم الأخرى.

لكن العثور على كوكب آخر خارج المجموعة الشمسية ليس بالمهمة السهلة. فالكوكب الذي يدور حول حتى أقرب النجوم الأخرى سيبدو صغيرًا جدًا حتى باستخدام أكبر

التليسكوبات، وبالتالي ستُحجب رؤيته بسبب ضوء النجم التابع له، لذا فمن المستحيل اكتشافه مباشرة بالتقنيات الحالية.

لحسن الحظ، هناك طرق أخرى للقيام بذلك، وقد أتت بعض هذه الطرق بنتائج مثمرة. بما في ذلك الطريقة التي اكتشفها كريستيان دوبلر (١٨٤٢). فقد تنبأ بأن حركة أحد مصادر الضوء، مثل النجم، ستؤدي إلى تغير لونه في أثناء دورانه، فسيميل إلى اللون الأحمر إذا كان يبتعد وإلى اللون الأزرق إذا كان يقترب. وبهذه الطريقة تم اكتشاف مدى اتساع الكون (١٩٢٩). فقوة السحب الجاذبة للكوكب على النجم الذي يدور حوله هذا الكوكب ستجعل النجم يميل قليلاً للأمام وللخلف. كما سيتحول لون الضوء المنبعث من النجم إلى اللون الأحمر قليلاً ثم إلى اللون الأزرق ثم إلى الأحمر مرةً أخرى في أثناء دوران الكوكب في مداره.

استمر الأمر كذلك حتى تسعينيات القرن العشرين إلى أن أصبحت معدات تحليل الضوء حساسة ودقيقة بما يكفي لجعل هذا التمايل مرئيًا. ففي أكتوبر عام ١٩٩٥، تم الإعلان عن اكتشاف أول كوكب يدور خارج مجموعتنا الشمسية مرافق للنجم بيجاسي ٥١ (51 Pegasi). وقد أتاحت نسبة التمايل والوقت الذي استغرقه في هذا الميل الفرصة للباحثين في حساب كتلة الكوكب ومدى بعده عن النجم التابع له هذا الكوكب. وجدير بالذكر أن كتلة كوكب بيجاسي ٥١ تُقدر بنصف كتلة كوكب المشترى.

سرعان ما تتابعت الاكتشافات الأخرى، ونظرًا للتطور التكنولوجي، فقد تضاعف عدد الكواكب المعروفة التي تدور خارج مجموعتنا الشمسية. من المؤكد أن مجموعتنا الشمسية ليست وحدها. ففي خلال عشر سنوات، كان ما يزيد عن مائة كوكب من هذه الكواكب معروفًا بالنسبة لنا، وكلها ذات أحجام أكبر بكثير من حجم الأرض ويدور كثير منها على مسافة قريبة جدًا من النجوم التي تتبعها. ويتعين أن تساعد الطرق الأخرى في اكتشاف الكواكب الأصغر حجمًا، مثل قياس نسبة خفوت ضوء النجم في أثناء مرور الكوكب من أمامه. لكن من أجل العثور على كوكب في مثل حجم كوكب الأرض، فقد يحتاج ذلك الأمر إلى تليسكوب من نوع خاص يوضع في الفضاء. وجدير بالذكر أن وكالة الفضاء الأوروبية تخطط للقيام بهذه المهمة، والتي أطلقت عليها اسم العالم داروين.

اكتشاف جسيم الكوارك الفوقي

١٩٩٦

في عام ١٩٩٦، تمكن مسارع الجسيمات الضخم الموجود بمعمل Fermi الوطني بضواحي ولاية شيكاغو من العثور على ما كان يبحث عنه، ألا وهو الدليل على الوجود الحر للجسيم دون الذري الذي سرعان ما يختفي والمعروف باسم الكوارك الفوقي، الذي تم التنبؤ بوجوده من قبل لكن لم تتم رؤيته حتى تلك اللحظة. لقد كان هذا الاكتشاف على القدر نفسه من الأهمية المتمثلة في التعرف على العناصر الجديدة لملء الفراغات الموجودة في الجدول الدوري للعناصر الخاص بالعالم دمتري مندلييف (١٨٧٥) أو اكتشاف البوزترون ليتم التأكيد بذلك على صحة ما تنبأ به بول ديراك في عام ١٩٢٨ بوجود الجسم المضاد للمادة.

في أواخر القرن العشرين، كانت فيزياء الجسيمات تمثل أحد فروع العلوم المتطورة عظيمة الشأن. فقد قام المسارع بقذف البروتونات ومضاداتها التي تدور حول دائرة يبلغ عرض قطرها ٣ كيلو مترات بسرعة الضوء نفسها تقريبًا. وعندما اصطدمت الأشعة معًا، نتج عن ذلك انطلاق كميات كبيرة من الطاقة تقدر بتريليونات من الفولت الكهربائي، في حين أن المسارعات الأولى (معمل كافندش ١٩٣٢) كانت تستطيع قذف ١٠٠٠٠٠ وحدة من هذه الوحدات فقط. فمن خلال التوهج الذي يحدث نتيجة تدمير البروتونات ومضاداتها لبعضها البعض، من الممكن أن تتولد جسيمات جديدة لو توفرت كميات كافية من الطاقة.

بحلول عام ١٩٩٦، كان مسارع التيفاترون (Tevatron) بمعمل فيرمي الوطني يعمل فوق مستوى الطاقة المسموح. ومع اصطدام أشعة الجسيمات، استطاعت فرق العمل المحتشدة والمكونة من مئات العلماء في الفيزياء والمهندسين جمع الأدلة، ليس على وجود جسيم الكوارك الفوقي مباشرةً لأنه كان قد تحطم بمجرد أن تم تكوينه، وإنما على البقايا المتخلفة عنه. وبتجميع هذه القطع الصغيرة وتتبع آثارها، كان من الواضح أن جسيم الكوارك الفوقي - في الواقع الكثير من تلك الجسيمات - كان يوجد بصورة مؤقتة.

تم التنبؤ بوجود الكوارك الفوقي بناءً على النموذج الذي أطلق عليه علماء الفيزياء النموذج المعياري (جلاشو وسلام ووينبرج ١٩٦٧)، وهو عبارة عن مجموعة من العلاقات التي بإمكانها شرح الترتيب المحير للجسيمات الأساسية المعروفة. وقد تضمن النموذج المعياري فكرة وجود جسيمات الكوارك، وعددها ثلاثة جسيمات، وتم افتراض وجودها

لأول مرة في عام ١٩٦٣ على أنها المجموعات المكونة للبروتونات والنيوترونات على وجه التحديد. ومع تطور النظرية، بدا أننا في حاجة إلى وجود ستة من هذه الجسيمات لشرح سلسلة كاملة من الملاحظات، لكن لم يتم العثور إلا على اثنين منهم فقط (الفوقي والسفلي) داخل كل مادة. أما باقي الجسيمات، التي كانت كلها غير مستقرة، فربما كانت توجد في الأيام الأولى للكون التي كانت تتسم بالحرارة العالية والكثافة الشديدة، لذا اضطر العلماء إلى تحضيرها داخل آلات عملاقة كتلك المستخدمة بمعمل Fermi الوطني.

	جسيمات المادة			جسيمات القوة
	الجيل الأول	**الجيل الثاني**	**الجيل الثالث**	
الباريونات	الكوارك العلوي	الكوارك الغريب	الكوارك الفوقي	الفوتون (القوة الكهرومغناطيسية)
	الكوارك السفلي	الكوارك المفتون	كوارك القاع	الجلون (القوة المؤثرة)
اللبتونات	الإليكترون	الميون	التاو	W^+ و W^- (القوة الضعيفة)
	النيوترينو	الميون نيوترينو	نيوترينو التاو	Z0 (القوة الضعيفة)

يوضح هذا الجدول قائمة بالجسيمات الأساسية الستة عشر، طبقًا للنموذج المعياري الموجود حاليًا. يظهر ١٢ جسيمًا معًا في مجموعات مختلفة لتكوين المادة، بينما تحمل الأربعة جسيمات المتبقية القوى التي تجعل جسيمات المادة إما أن تتجاذب أو تتنافر أو تتغير.

تأتي جسيمات المادة في ثلاثة أجيال. ويمكن العثور فقط على جسيمات الجيل الأول (الكواركات العلوية والسفلية - التي تتجمع في ثلاث مجموعات لتكوين البروتونات والنيوترونات - والإليكترون والنيوترينو) في المادة اليومية. أما الجيلان الآخران، فهما أثقل بكثير وسرعان ما ينفصلان عن بعضهما البعض أو يضمحلان. تتصرف جسيمات الميون والتاو مثل الإليكترونات الثقلية، حيث يوجد لكل منهما نيوترينو خاص به (باولي ١٩٣٢).

لا يشمل النموذج المعياري الجاذبية؛ ولذا، لا يوجد جسيم بعينه يحمل تلك القوة.

عندما تزداد طاقة هذه الآلات، يتم تكوين جسيمات الكوارك واحدًا بعد واحد: الكوارك الغريب والكوارك المفتون وكوارك القاع. وبالنسبة للوزن، فقد جاء الكوارك الفوقي في المؤخرة. يبدو أن علماء الفيزياء كانوا على يقين بأنه لا يمكن العثور على جسيمات أكثر من ذلك، لكن هذا لم يمنعهم عن البحث والسعي في هذا الصدد. وكان الهدف التالي هو التعرف على جسيمات هيجز، التي يحتاج إليها النموذج المعياري لشرح السبب في أن جميع الجسيمات الأخرى لها كتلة. وتكمن الفكرة في أن الكتلة تتكون نتيجة تبادل الجسيمات الأخرى لجسيمات هيجز، كما هي الحال في القوة التي تربط بين الشحنات الكهربائية والتي تأتي نتيجة تبادل الفوتونات.

من أجل العثور على جسيمات هيجز، وجسيمات أخرى، فإن أكبر معمل فيزيائي للجسيمات في العالم بمركز الأبحاث النووية خارج جنيف لا يزال يقوم حاليًا (٢٠٠٥) بإعداد مسارع ضخم سيتم وضعه داخل دائرة تحت الأرض يبلغ محيطها ٢٧ كيلو مترًا. وتبلغ تكلفة هذا المشروع مليار دولار. وبهذا يتضح لنا مدى أهمية العثور على جسيمات هيجز بالنسبة للعلوم الفيزيائية، حيث إنه بالعثور عليها سيكون النموذج المعياري قد اكتمل.

اكتشاف جيمس طومسون الخلية الجذعية

١٩٩٨

يعد استخدام الخلايا الجذعية المأخوذة من الأجنة البشرية، سواء للبحث أو العلاج، من القضايا المثيرة للجدل اليوم، حيث تنقسم آراء العامة من الناس والحكومات ما بين مؤيد ومعارض حول هذا الشأن. لكن الخلاف لا يزال جديدًا، فلم تظهر زراعة هذه الخلايا لأول مرة إلا في عام ١٩٩٨ فقط.

كان الأمريكي جيمس طومسون هو أول من قام بذلك. فقد قاد فريقًا من علماء الأحياء الذين قاموا بتأسيس خمسة خطوط مستقلة للخلايا الجذعية تعتمد على الأجنة البشرية التي لا تتطلب برنامجًا للتخصيب المجهري. لا تعد هذه الخلايا أول خلايا جذعية جنينية، إلا أنها تعد أول خلايا بشرية. وقد كان يتم أخذ هذه الخلايا في الماضي من الحيوانات الأصغر حجمًا مثل الفئران. بينما حصل طومسون عليها بنفسه من القرود الهندية بنية اللون.

يتم أخذ الخلايا الجذعية من خلية ملقحة يبلغ عمرها أقل من أسبوع بعد الحمل. في الوقت الذي تكون فيه كتلة الخلية على شكل كرة مجوفة ويطلق عليها اسم الكيس البرعمي. تتحول بعد ذلك كتلة الخلايا الموجودة على أحد جانبي السطح الداخلي للكرة إلى الجنين؛ حيث توجد الخلايا الجذعية. ونظرًا لأنه لم يحدث أي ترتيب أو تفريق بين الخلايا بعد، يكون لدى جميعها المقدرة على التطور تبعًا للظروف إلى أي نوع من أنواع الخلايا الموجودة بالجسم، كخلايا الجهاز العصبي أو الأمعاء أو الدم أو العضلات أو العظام أو الغضروف أو أي عضو من أعضاء الجسم. وبمجرد أن توضع بالمزرعة، تستمر الخلايا في الانقسام وزيادة أعدادها، في الحقيقة تستمر هذه العملية للأبد، لكنها لا تغير من شكلها. فهي تحتفظ بقدرتها الفريدة على أن تتشكل في أي شكل من أشكال الخلايا.

يرى كثير من الباحثين بشائر للمستقبل الباهر للخلايا الجذعية الجنينية، سواء من ناحية زيادة الفهم لكيفية عمل الجسد البشري على مستوى الخلايا مثل معرفة السبب في موت الخلايا المريضة، أو من ناحية تطوير طرق علاج بعض الأمراض مثل مرض السكر والزهايمر والشلل الرعاش والسرطان. إن ما يمكن تسميته بالخلايا الجذعية يوجد لدى البالغين، مثل الخلايا التي دائمًا ما تقوم بتوفير خلايا الدم أو الأعصاب أو الجلد. ومع ذلك، تكون هذه الخلايا متخصصة في عملها إلى حد ما، لهذا السبب لا تستطيع الخلايا الجذعية المكونة للجلد لدى البالغين أن تحل محل خلايا الدم. كما أنها لا تساعد في شفاء أحد الأعضاء المريضة.

لذا، فإن أفضل النتائج التي يمكن الحصول عليها من المحتمل أن تأتي من خلال استخدام الخلايا الجذعية الجنينية، لكن ذلك يحتم على العلماء إجراء قدر كبير من الأبحاث.

الكشف عن المزيد من أسرار الكون

١٩٩٩

إذا تجولت خارج المنزل في ليلة مليئة بالنجوم ونظرت إلى السماء، فسيبدو كل شيء هادئًا ومستقرًا. لن يخطر ببالك أنك تعيش في كون يسوده العنف؛ حيث تقع تلك الأحداث الجسام التي تتسم بالعنف باستمرار في الفضاء. قد يكون بعض هذه الأحداث مرئيًا للجميع، مثل النجوم المتجددة العظمى التي حدثت في عام ١٥٧٢ وعام ١٦٠٤، بينما يتطلب البعض الآخر استخدام أجهزة الاستكشاف والقياس المطورة حديثًا لرؤيته.

على سبيل المثال، هناك الآن بعض المعدات التي تستطيع قياس تلك الكميات الكبيرة من أشعة إكس القادمة من أجزاء بعينها في السماء. وغالبًا ما تكون هذه البقع الساخنة من أشعة إكس ناتجة عن تسخين المادة بشدة بفعل الجاذبية الشديدة الموجودة حول أحد الثقوب السوداء، التي تنبأ بها العالم كارل شفارتشايلد (١٩١٦).

كذلك، يعتقد العلماء أيضًا أنه توجد ثقوب سوداء ضخمة يقدر حجمها بملايين أضعاف حجم كتلة الشمس كامنة بالمجرات بما فيها مجرة درب التبانة. وتدور النجوم حول نواة هذه المجرات بسرعة كبيرة جدًا، مما يشير إلى أنه لا بد أن تكون هناك كتلة ضخمة تدفعها لتدور هكذا. وتبدو هذه الثقوب السوداء هادئة الآن، بيد أنه عندما كان الكون في بداية تكوينه، كانت هذه الثقوب بالمجرات البعيدة جدًا تستأثر بالغازات والأتربة وربما تقوم بتفتيت نجوم بأكملها وتخرج هالة كبيرة من الضوء تشبه الكوازار (هازارد وشميت ١٩٦٤).

تم اكتشاف مجموعة أخرى من الأجسام العنيفة والتي تمثلت في قاذفات أشعة جاما عن طريق الصدفة. ففي عام ١٩٧٣، سجلت الأقمار الصناعية التي تدور في الفضاء لاستكشاف الاختبار السري للأسلحة النووية انفجارًا لإشعاع جاما، مثل الانفجار الناتج عن الاختبار النووي، إلا أنه كان منبعثًا من الفضاء السحيق. لا بد أن شيئًا غريبًا كان يحدث. ومع ذلك، فإنه لم يتم وضع تليسكوب خاص لرصد أشعة جاما في الفضاء إلا في عام ١٩٩١ بهدف العثور على المزيد من هذه الانفجارات. وقد كانت هذه الانفجارات تحدث حوالي مرة في اليوم كما تم تسجيلها، وتنتشر بالتساوي في السماء. ويتضح من هذا أنه قد تم توليد

هذه الطاقة في أماكن بعيدة عن مجرتنا، وإلا لوُجد الكثير من هذه الأشعة في المنطقة التي يوجد بها مركز مجرتنا (١٩١٨).

بعد ذلك، تم إنشاء شبكة بحيث يمكن توجيه التليسكوبات البصرية بسرعة لتصوير الجزء الذي تم فيه رصد قاذفات أشعة جاما. وقد جاءت هذه الفرصة في عام ١٩٩٩. فقد عثرت التليسكوبات على نقطة ضوئية لامعة. لكن سرعان ما اختفت هذه النقطة، إلا أنه كان هناك وقت كافٍ لقياس مقدار الزحزحة الحمراء (سليفر ١٩١٢). ويشير هذا إلى أن مصدر أشعة جاما كان يبعد نحو ٩ مليارات سنة ضوئية، أي أكثر من نصف المسافة إلى حافة الكون المرئية. ولكي يمكن رصدها من هذه المسافة البعيدة، فلا بد أن تكون الطاقة الناتجة عن هذا الانفجار مساوية للطاقة الناجمة عن تحويل الشمس فجأةً وكليةً إلى طاقة. لا يزال الخبراء في حيرة حول كيفية حدوث ذلك.

لو وجدت قاذفات أشعة جاما، التي تعد أكبر الأجسام المرئية على الإطلاق في مجرتنا على بعد ٢٠٠٠ سنة ضوئية على سبيل المثال، فإن الضوء المنبعث منها سيجعل السماء المظلمة مضيئة بمقدار ضعف ضوء النهار. كذلك، فإنها ستكون أكثر قربًا وربما تحرقنا. لكن البعد بتسع مليارات سنة ضوئية يعني تسع مليارات سنة إلى الوراء من الناحية الزمنية. فربما حدثت هذه الانفجارات، مثل الكوازار، إلا منذ أمد بعيد. وإذا لم تحدث الآن، فلن تحدث في أي مكان قريب منا.

مستقبل الاكتشافات العلمية

لقد كشفت خمسة قرون من البحث والتحقيق – اعتمادًا على العلوم القديمة والممارسات العملية التي ظهرت بأوروبا – عن كثير من الأمور التي كانت مختفية في الماضي (أو لم يُشك في أمرها) داخل الطبيعة من حولنا. وقد تم نشر الاكتشافات التي توصل إليها العلماء في جميع المجتمعات على نطاق واسع. فأي طالب بالمرحلة الثانوية الآن يعرف أشياءً ربما كانت ستذهل دافنشي أو جاليليو في ذلك الوقت.

يتمثل السؤال المطروح الآن في الاستفسار عما بعد كل تلك الاكتشافات، وما الذي ستستطيع عقود وقرون مستقبلية من البحث العلمي الكشف عنه؟ بالطبع لن نستطيع الإجابة حاليًا، لكننا على الأقل نعرف بعض الأسئلة التي ستُطرح. ستستمر الأطر الأساسية للبحث التي شهدناها على مدار الخمسمائة سنة الماضية في التطور. وعلى المدى البعيد، سوف ندرك المزيد عن كيفية نشأة الكون لنعرف تاريخه ومستقبله (نظرية الانفجار الكوني الكبير ١٩٥٠). وسنتعلم أشياءً كثيرة عن طبيعة المادة المعتمة والطاقة المعتمة الغامضة التي يبدو أن معظم الكون المرئي قد تكون منها (COBE ١٩٩٢).

من ناحية أخرى، ربما تُظهر الدراسات التي تجرى على الأجرام السماوية القريبة منا، مثل كوكب المريخ وقمر المشترى أوربا (رحلة السفينة Galileo إلى كوكب المشترى ١٩٩٥) الآثار التي تدل على وجود حياة، سواء في الماضي أو الحاضر، في مكان آخر غير كوكب الأرض. كذلك، ربما سنكتشف وجود كواكب في حجم الأرض تدور حول نجوم أخرى (أول كوكب خارج المجموعة الشمسية ١٩٩٥)، مادام هناك شك ولو ضئيل بوجودها وسنحصل أيضًا على صور لها. قد توضح أيضًا الدراسات التي ستجرى على الأغلفة الجوية لتلك الكواكب ما إذا كانت توجد عليها حياة أو لا، قبل أن نستطيع الاقتراب منها بزمن طويل.

على الجانب الآخر، سيتم وضع اللمسات الأخيرة على النموذج المعياري للمادة والقوى (١٩٩٦). وسنعثر على جسيمات هيجز، إذا كانت توجد بالفعل. لكن إذا اتخذنا من الخبرة السابقة مرشدًا لنا، فحينئذٍ سنبدأ في البحث عن تفسير أكثر شمولية عن سبب

تصرف المادة على هذا النحو. وسيتضمن هذا إدراج عنصر الجاذبية في النموذج المعياري للحصول على نظرية تشمل الأشياء جميعها.

سيقوم مشروع التكوين الوراثي البشري (١٩٩٠)، الذي يكاد يكون مكتملاً الآن بعمل محاولات جديدة. وإحدى هذه المحاولات بالفعل في طريقها للاكتمال، وهي: محاولة التعرف على عشرات الآلاف من البروتينات المختلفة التي يتحكم في عملها التكوين الوراثي فضلاً عن وصفها (١٩٥٩)، وهي المسئولة عن تكوين البشر والكائنات الحية الأخرى وتنظيمها. إن مثل هذه المعرفة لا بد أن يكون لها فوائد جمة.

من ناحية أخرى، قد نتمكن من العثور على الحلقات المفقودة من قصة تطور الإنسان (ليكي ١٩٦٤) وتكوين فهم مكتمل عن نمط الحياة الكلي على كوكبنا (مارجوليس ١٩٦٧). كذلك، سوف نستطيع إدراك المزيد عن كيفية عمل الأعضاء المعقدة لدينا مثل المخ (١٩٦١ و١٩٧٥).

بالنسبة للعلوم الأرضية، سوف نستمر في الاعتماد على الطاقة الناتجة عن الألواح التكتونية (١٩٩٢) لشرح مسار كوكب الأرض في الحاضر أو التنبؤ بمساره في المستقبل. إن القدرة على التنبؤ بالزلازل والثورات البركانية والموجات الزلزالية المحيطية تعد من الأفكار المثيرة، بالرغم من أنها لن تحدث إلا بعد عدة عقود على أقل تقدير، وربما لا يمكن تحقيقها مطلقًا.

في هذه المجالات والمجالات الأخرى المرتبطة بها، مثل علم الأرصاد الجوية، سيلقى الباحثون دعمًا من جانب تكنولوجيا معالجة المعلومات التي تزيد قوتها يومًا بعد يوم، والتي تسمح "بمحاكاة" النظم الطبيعية الأكثر تعقيدًا داخل أجهزة الكمبيوتر المتطورة. وبالتالي، سيصبح التنبؤ بدرجات الحرارة والتغيرات المناخية (بيجركينز ١٩٢٢) موثوقًا به بدرجة أكبر وعلى نطاق أوسع. كما سيتمكن علماء الكيمياء من تحليل الجزيئات المفيدة بدقة وتحضير جزيئات أفضل. وسيقوم علماء الفيزياء بتكوين رؤية حول اللحظات الأولى من تكون هذا الكون أو اللحظات الأخيرة منه.

إن المعرفة الجديدة ستأتي بطرق جديدة تغير من نظرتنا إلى العالم. كذلك، ستظهر أدوات لجمع المعلومات وتحليلها وستكون فعالة ومتطورة عن ذي قبل، ومنها على سبيل المثال: التليسكوبات التي بها قوة تجميع الضوء والتي تعد أكبر مليون مرة من تليسكوبات جاليليو (١٦١٠)، ومراصد تدور حول الأرض أو توجد بها ويتم ضبطها لتسجيل أية إشارة يصدرها الكون والمجهر الذي يقوم برسم خطة للنواة، فضلاً عن انبعاث لموجات الليزر القصيرة بما يكفي لرصد التفاعلات الكيميائية في أثناء حدوثها.

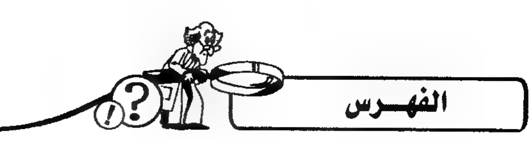
ستشرف منشآت دولية كبيرة على كل هذه التقنيات الحديثة، الأمر الذي نراه الآن بالفعل. يبدو أن العلوم المتطورة ستزداد تطورًا. كما أن الفرق البحثية التي ستستخدم هذه المنشآت ستتسم هي الأخرى بزيادة أعضائها. وتجدر الإشارة هنا إلى أن هذا التغير ماثل أمام أعيننا بالفعل. يعني ذلك الأمر أنه لن يكون هناك عالِم واحد سيسيطر على الساحة، مثلما كانت الحال مع جاليليو أو نيوتن أو لافوازييه أو باستور أو داروين أو آينشتاين. كما لن يقوم باحث واحد بالبحث في عدة مجالات مختلفة مثلما فعل دافنشي أو هوك أو كافندش أو ميشيل. ستظل الفرق المنظمة متعددة التخصصات ضرورية لمواجهة معظم التحديات، لكن هذا لا يمنع من أن يكون للباحثين المنفردين دور ولو صغير لكي يقوموا بأدائه.

افترض بعض الناس أننا سنشهد قريبًا نهاية للعلم، على اعتبار أن جميع الأسئلة الخطيرة قد طرحت وتمت الإجابة عنها. بالطبع تم تداول هذا الكلام من قبل (كلفن ١٩٠٠)، ومن المحتمل أن تثبت عدم صحته مجددًا. فقد أظهرت الخمسمائة عام من الاكتشافات العلمية أن أي تقدم في استخدام الآلات أو صنعها يؤدي إلى اكتشاف ظواهر جديدة غالبًا لا تكون محلاً للشك، وأنه كلما أجيب عن أحد الأسئلة، فإن هذا يطرح مزيدًا من الأسئلة الأخرى، وأن النظريات التي كانت مدعومة من قبل يجب أن تخضع في الغالب – سواء بشكل جزئي أو كلي – للأدلة الجديدة.

من ناحية أخرى، فإنه حتى لو لم نكن نعرف كل شيء عن الكيفية التي يسير بها العالم، فدائمًا ما سيكون هناك غرض عظيم من العلم – أبعد حتى من الحافز القوي له – يتمثل في الخيال وتحقيق المتعة التي يقدمها العلم للفضول البشري الذي لا نهاية له. إننا نحتاج إلى العلم ليساعدنا في رؤية النتائج المترتبة على خطوات وأساليب معينة مثل تلك المتبعة في الوقت الحاضر.

تعتبر القضايا الكبرى مثل ظاهرة الاحتباس الحراري والاستخدام الأمثل للموارد والهندسة الوراثية وتكنولوجيا الذرات والجزيئات أكثر من أن تكون مجرد تحديات في سبيل الإدراك العلمي. فعادةً ما تتطلب مثل هذه القضايا رد فعل جماعي وسياسي عاجل. ومن أجل التوصل إلى أفضل الاختيارات في الحاضر والمستقبل، فإننا في حاجة إلى الحصول على أفضل المعلومات والرؤى المتاحة. سيظل العلم وسيلةً مهمة لبقاء البشر والكائنات الأخرى والارتقاء بجودة الحياة البشرية ككل. ولهذا السبب، سيستمر العلم.

الفهـــــرس





منافذ بيع مكتبة الأسرة
الهيئة المصرية العامة للكتاب

مكتبة المعرض الدائم
١١٩٤ كورنيش النيل - رملة بولاق
مبنى الهيئة المصرية العامة للكتاب
القاهرة - ت: ٢٥٧٧٥٣٦٧

مكتبة مركز الكتاب الدولي
٣٠ ش ٢٦ يوليو - القاهرة
ت: ٢٥٧٨٧٥٤٨

مكتبة ٢٦ يوليو
١٩ ش ٢٦ يوليو - القاهرة
ت: ٢٥٧٨٨٤٣١

مكتبة شريف
٣٦ ش شريف - القاهرة
ت: ٢٣٩٣٩٦١٢

مكتبة عرابي
٥ ميدان عرابي - التوفيقية - القاهرة
ت: ٢٥٧٤٠٠٧٥

مكتبة الحسين
مدخل ٢ الباب الأخضر - الحسين - القاهرة
ت: ٢٥٩١٣٤٤٧

مكتبة ساقية
عبد المنعم الصاوي
الزمالك - نهاية ش ٢٦ يوليو
من أبو الفدا - القاهرة

مكتبة المبتديان
١٣ ش المبتديان - السيدة زينب
أمام دار الهلال - القاهرة

مكتبة ١٥ مايو
مدينة ١٥ مايو - حلوان خلف مبنى الجهاز
ت: ٢٥٥٠٦٨٨٨

مكتبة الجيزة
١ ش مراد - ميدان الجيزة - الجيزة
ت: ٣٥٧٢١٣١١

مكتبة جامعة القاهرة
بجوار كلية الإعلام - بالحرم الجامعي -
الجيزة

مكتبة رادوبيس
ش الهرم - محطة المساحة - الجيزة
مبنى سينما رادوبيس

مكتبة أكاديمية الفنون
ش جمال الدين الأفغاني من شارع محطة المساحة - الهرم
مبنى أكاديمية الفنون - الجيزة
ت: ٣٥٨٥٠٢٩١

مكتبة الإسكندرية
٤٩ ش سعد زغلول - الإسكندرية
ت: ٠٣/٤٨٦٢٩٢٥

مكتبة الإسماعيلية
التمليك - المرحلة الخامسة - عمارة ٦ مدخل (أ) - الإسماعيلية
ت: ٠٦٤/٣٢١٤٠٧٨

مكتبة جامعة قناة السويس
مبنى الملحق الإداري - بكلية الزراعة - الجامعة الجديدة - الإسماعيلية
ت: ٠٦٤/٣٣٨٢٠٧٨

مكتبة بورفؤاد
بجوار مدخل الجامعة - ناصية ش ١١، ١٤ - بورسعيد

مكتبة أسوان
السوق السياحي - أسوان
ت: ٠٩٧/٢٣٠٢٩٣٠

مكتبة أسيوط
٦٠ ش الجمهورية - أسيوط
ت: ٠٨٨/٢٣٢٢٠٣٢

مكتبة المنيا
١٦ ش ابن خصيب - المنيا
ت: ٠٨٦/٢٣٦٤٤٥٤

مكتبة المنيا (فرع الجامعة)
مبنى كلية الآداب - جامعة المنيا - المنيا

مكتبة طنطا
ميدان الساعة - عمارة سينما أمير - طنطا
ت: ٠٤٠/٣٣٣٢٥٩٤

مكتبة المحلة الكبرى
ميدان محطة السكة الحديد - عمارة الضرائب سابقًا

مكتبة دمنهور
ش عبد السلام الشاذلي - دمنهور

مكتبة المنصورة
٥ ش الثورة - المنصورة
ت: ٠٥٠/٢٢٤٦٧١٩

مكتبة منوف
مبنى كلية الهندسة الإلكترونية - جامعة منوف

طبعة خاصة من دار الفاروق

ضمن مكتبة الأسرة ٢٠٠٩



استوقفتني صورة منشورة في كتاب يتناول دراسة أهمية اعتياد ممارسة القراءة
التقطت الصورة بعد قصف بالقنابل دمر مكتبة، حيث تظهر بقايا المكتبة
التي أصابها القصف وقد انهارت، فسقطت أعمدتها الخشبية وتراكمت
وتحطمت قطع الأثاث وتناثرت، لكن رفوفها المثبتة على الجدران بقيت في
مكانها، تصطف داخلها الكتب في حالة جيدة. المثير للتأمل أنه في وسط
الدمار والفوضى تقف ثلاث شخصيات، الشخصية الأولى تتفحص الكتب مترددة
والثانية تمد يدها لالتقاط أحد الكتب، والثالثة تقرأ في كتاب مفتوح
لا شك أن معنى الصورة تؤكد أن القراءة، بوصفها أهم ممارسات الوجود
الإنساني، هي التي تعزز طاقة مواجهة كل صور معاداة الحياة، وتمنح
الحياة إمكانية التواصل، فالقراءة تصوب فهمنا للماضي، وتعمق
إدراكنا للحاضر، وتشحذ استشرافنا للمستقبل، لذا ستظل
دومًا دعوتي أن نقرأ لجودة الحياة.

سوزان مبارك







٦,٥٠ جنيه

